

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN BARRIO LOMAS
DEL SOL, MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE"**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Cristhian Alexander Moncada Bellorín

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

TUTOR

Ing. José Ángel Baltodano

Managua, Nicaragua, Diciembre del 2017

RESUMEN DEL TEMA

El presente documento está conformado por una serie de análisis, condiciones para la evaluación y cálculos que permiten fijar bajo los parámetros de diseño de acuerdo a las normas NTON 09 003-99, la propuesta para el “*Mejoramiento sistema de agua potable en el barrio Lomas del Sol del Municipio de San Francisco Libre, departamento de Managua*”.

El área en estudio, demuestra un marcado efecto por su condición climática y en tanto a la situación actual del servicio de agua potable con la que es abastecida la población de este sector.

Las condiciones sociales, ambientales y económicas influyen en un alto grado sobre el servicio de agua potable en el barrio Lomas del Sol, se ha agravado constantemente al punto de requerir de alternativas inmediatas y de ejecución a corto plazo que permitan aminorar efectos perjudiciales tanto en la salud y la economía de las familias y a la vez poder mejorar el acceso al servicio de agua potable y segura.

Para analizar y evaluar las condiciones del entorno (objeto del estudio), comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación bibliográfica, levantamiento de campo para el análisis de la población en estudio, mapeo de los sistemas de agua potable existente, procesamiento de los datos de puntos georreferenciado, elaboración de plano de distribución y caracterización urbana y análisis de los resultados que permiten integrar todas las variables en la propuesta de mejoramiento.

INDICE

CAPITULO 1 / Generalidades	1
2.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.	4
1.4 Objetivos.....	5
CAPITULO 2 / Marco teórico.....	6
2.1 Descripción general.....	6
2.1.1 Estudios de calidad en las fuentes de abastecimiento.....	6
2.1.1.1 Control y calidad del agua de consumo.....	6
2.1.1.2 Periodo de muestreo por parámetros de análisis	6
2.1.2 Información general de la zona en estudio.....	7
2.1.2.1 Ubicación del proyecto.....	7
2.1.2.2 Geología y topografía del terreno	8
2.1.2.3 Clima y precipitación.....	10
2.1.2.4 Hidrología e hidrogeología	10
2.1.3. Entorno social y económico de la población.....	13
2.1.3.1 Infraestructura y servicios municipales.....	13
2.1.3.2 Aspectos económicos.....	17
2.1.3.3 Aspectos demográficos.....	17
2.2 Normas de diseño.....	18
2.2.1 Estudios de población	19
2.2.1.1 Proyección de la población.....	19
2.2.1.2 Tasa de crecimiento.....	19
2.2.2 Dotaciones y demanda de agua para consumo.....	20
2.2.2.1 Consumo doméstico	20
2.2.2.2 Consumo comercial industrial y público para el resto del país	20
2.2.2.3 Variaciones máximas de consumo	21
2.2.2.4 Pérdidas en el sistema	21
2.2.3 Periodos de diseño económico para las estructuras de los sistemas.....	21
2.2.4 Parámetros de calidad del agua.....	22
2.2.4.1 Parámetros bacteriológicos.....	23
2.2.4.2 Parámetros organolépticos.....	24

2.2.4.3 Parámetros Físico – Químicos.	25
2.2.5 Fuentes de abastecimiento.	29
2.2.6 Líneas de conducción.....	31
2.2.6.1 Tipos de líneas de conducción.	31
2.2.6.2 Tipos de Válvulas.....	32
2.2.6.3 Sarta de bombeo.	34
2.2.6.4 Sobrepresiones en la línea de conducción.....	34
2.2.6.5 Carga de bombeo o Carga Total dinámica HB, CTD.	35
2.2.7 Red de distribución.	37
2.2.8 Ampliaciones del sistema.....	37
CAPITULO 3 / Desarrollo metodológico.....	39
3.1 Metodología.	39
3.1.1 Recopilación de información.	39
3.1.2 Trabajo de Campo.....	40
3.1.3 Análisis de los resultados.	41
3.2 Métodos de cálculo empleado para el análisis y dimensionamiento del sistema propuesto.	42
3.2.1 Estudio de población.	42
3.2.2 Proyección de población.	42
3.2.3 Parámetros de la línea de conducción.	43
3.2.4 Dimensionamiento del equipo de bombeo.....	45
3.2.5 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.....	45
3.2.6 Dimensionamiento de la red de distribución.....	45
CAPÍTULO 4 / Cálculos y resultados.	46
4.1 Periodo de diseño.	46
4.2 Estudios Poblacionales y de servicio de agua potable.	46
4.3 Caracterización administrativa.	47
4.3.1 Descripción de los sistemas de abastecimiento del Barrio Lomas del Sol. ..	48
4.3.2 Análisis de la oferta y la demanda.....	58
4.3.3 Calculo de la proyección.....	58
4.3.4 Determinación de la dotación y niveles de consumo.	59
4.3.4.1 Caudal de consumo Doméstico.....	59
4.3.4.2 Caudal de pérdidas en la red.	59

4.3.4.3 Caudal comercial, industrial y público.....	59
4.3.4.4 Caudal promedio diario total.	60
4.3.5 Factores de máxima demanda.....	60
4.3.5.1 FMD:	60
4.3.5.2 FMH:	60
4.4 Fuente de abastecimiento y Obras de captación.	60
4.5 Red de distribución.....	61
4.6 Tanque de almacenamiento.	72
4.7 Línea de conducción.....	73
4.7.1 Calculando el diámetro económico para la línea de conducción.	74
4.7.2 Calculo de sobrepresión.	76
4.7.3 Pérdidas en la columna de bombeo.....	76
4.7.4 Pérdidas por fricción.....	76
4.7.5 Pérdidas locales en la línea de conducción.....	77
4.7.6 Calculando H.B.	77
4.7.7 Potencia de la bomba.....	77
4.7.8 Sarta de bombeo.	78
4.8 Descripción general de los componentes del sistema de agua propuesto.	78
4.8.1 Configuración del sistema.....	78
4.8.2 Obras de captación.....	78
4.8.3 Línea de conducción y/o descarga.	80
4.8.4 Almacenamiento de agua.....	81
4.8.5 Red de distribución.	82
4.9 Costo y presupuesto de la obra.....	82
4.10 Conclusiones y Recomendaciones.	83
4.10.1 Conclusiones.....	83
4.10.2 Recomendaciones.....	84

CAPITULO 1 / Generalidades

1.2 Introducción.

Hoy en día el municipio de San Francisco Libre por las eventualidades climáticas y antropogénicas a partir del Huracán MITCH, la inundación por crecida del lago en el año 2010 y el pique de madera para leña, le ha causado un lento desarrollo económico, social y así mismo un golpe ambiental a las actividades económicas a las que se dedican, tal como la pesca artesanal, ganadería y agricultura en baja escala.

Desde el año 2000, la población en el sector urbano se encontraba asentada en la zona costera del lago conocido como el B° Puerto Viejo y B° Puerto nuevo. Al verse afectados por las inundaciones los pobladores comenzaron a establecerse en las partes altas como zona de seguridad frente a la inundación por estaciones de lluvias o crecidas del lago; aunque a la fecha siempre hay una concentración de un porcentaje habitacional en estos barrios, la mayoría se ha trasladado a un nuevo barrio nombrado Lomas del sol y sus anexos (Colonia Cristo Rey, Colonia Reconciliación, colonia 23 de agosto y Colonia 26 de septiembre).

Como bien se sabe que la aglomeración de personas en una zona determinada sin ningún plan, las necesidades básicas inmediatas de las que se pueden mencionar como proyectos habitacionales, energía eléctrica, agua potable y saneamiento, entre otros; son los principales problemas que se presentan como una demanda ante las autoridades de la localidad, ya que de estos depende el estilo y calidad de vida de las personas para lograr establecer su desarrollo económico y social. Tal como lo es el caso de los habitantes del barrio Lomas del Sol, el problema más sentido es el servicio actual de agua potable ya que su capacidad está limitada como solución inmediata sin proyección de los ciudadanos de esta zona.

1.2 Antecedentes.

El recurso de agua para el consumo humano en el municipio de San Francisco Libre presenta serias dificultades, cabe mencionar que son pocas las comunidades que tienen el privilegio de contar con el vital líquido a través de un sistema de agua potable.

En el casco Urbano se cuenta con servicio de agua potable domiciliar administrado por ENACAL; en total existen cuatro pozos funcionando, dos pozos que abastecen los Barrios Puerto Viejo y Puerto Nuevo. Los sistemas son Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE), estos funcionan directamente con el sistema sistemas de Bombeo hacia las tomas domiciliarias a través de conductos o tuberías de asbesto cemento, así mismo en el Barrio Lomas del Sol, para abastecer de agua potable a la población están en funcionamiento dos pozos que a su vez cuentan con sus respectivos tanques de almacenamiento y conducidas por tuberías PVC, sin embargo la población de este barrio tiene un servicio irregular debido a las conexiones ilegales, manipulación de las llaves de pase; obstruyendo de esta manera el abastecimiento a las partes altas del barrio. Lo que no permite también que los tanques de almacenamiento sean llenados para seguir dotando con más periodos al resto de los sectores que regula la municipalidad.

La población se ha extendido en la parte norte del casco urbano, o bien conocido actualmente como Barrio Lomas del Sol, por lo que el sistema de agua potable se vio afectado o insatisfactorio para sustentar el vital líquido a las familias.

La alcaldía municipal y en alianza con organismos internacionales se abrieron pozos y se instalaron redes de tuberías hacia cada vivienda, ya que todos estos sistemas son muy costosos y que con el bajo recurso que administra la alcaldía municipal no podría haberse realizado.

Esta acción nace a partir de la inundación del huracán Mitch que se dio en octubre del año 1998, por lo que parte de los pobladores del barrio Puerto Viejo, se asentaron en las partes altas buscando la seguridad.

La municipalidad se ha dado a la tarea de la administración y operación de 2 de los sistemas y el CAPS a un sistema situado en la Colonia 26 de septiembre. Por lo que las medidas tomadas por las autoridades locales son la sectorización del servicio de agua bajo racionalización en períodos cortos de dotación hasta de una hora. Las inversiones realizadas año con año a este proyecto se ven orientadas únicamente a la reparación, sustitución de bombas y reemplazo de tuberías en mal estado.

1.3 Justificación.

La mayoría de las enfermedades en el mundo están asociadas con el agua no potable o de mala calidad. Lo que indica que el consumo debe ser de aguas seguras por la economía, salud y bienestar de las familias.

En la zona alta del territorio urbano del municipio de San Francisco Libre existen factores que en mayor o menor grado producen contaminación al agua que se consume, tales como: posterior a la extracción del agua no se le emplea tratamiento al menos de desinfección o cloración del agua y que en conjunto a la falta de mantenimiento de los tanques de almacenamiento genera presencia o contaminación, producto del desprendimiento de materias corroídas en reacción del metal y el agua.

Tales factores facilitan la presencia de sustancias bacteriológicas que constituyen un peligro para la salud. Existe gran cantidad de infecciones transmitidas por microorganismos patógenos relacionados con el agua. Entre estas, diarrea, deshidratación, fiebre, neumonía, eczemas, infecciones de ojos y otras que pueden causar la muerte.

Se ha reconocido como situación de importancia el bienestar de las familias que deriva el vital líquido de consumo humano. Por tanto, con el presente proyecto se pretende contribuir a mejorar el acceso a un servicio continuo de abastecimiento de agua potable y segura, para el barrio Lomas del sol y sus anexos en la zona urbana del municipio de San Francisco Libre.

Solucionar los problemas de un inadecuado sistema de abastecimiento de agua potable es un aporte al progreso de la localidad y un indicador de desarrollo al satisfacer una de las más sentidas necesidades de la humanidad y que constituye un derecho de todas las personas.

1.4 Objetivos.

➤ Objetivo general

Proponer un estudio de mejora al acceso y servicio de abastecimiento de agua potable y segura para la población del barrio Lomas del Sol, Municipio de San Francisco Libre.

➤ Objetivos Específicos

1. Realizar levantamiento y recopilación de información topográfica para conocer las características del terreno.
2. Analizar datos poblacionales para la proyección de la demanda.
3. Analizar el diagnóstico y estado actual de los sistemas de abastecimiento de agua.
4. Diseñar un nuevo sistema de abastecimiento que satisfaga la demanda actual y futura.
5. Elaborar costos y presupuestos de la obra.

CAPITULO 2 / Marco teórico.

2.1 Descripción general.

Las herramientas de diseño y metodología de trabajo para el levantamiento de la información primaria se determina bajo los componentes de investigación del perfil socioeconómico de la localidad, análisis de agua de las fuentes de abastecimiento actual, mapeo y caracterización de las redes de distribución correspondiente a los sistemas, investigación sobre estudios hidrológicos e hidrogeológicos así como la geología, levantamiento y trazado de la distribución urbana (mapa de planimetría y altimetría).

2.1.1 Estudios de calidad en las fuentes de abastecimiento.

2.1.1.1 Control y calidad del agua de consumo.

El agua de consumo humano y doméstico en dependencia de su estado, así como la proveniencia o bien después de pasar por tratamiento, debe de obedecer un conjunto de parámetros clasificados y establecidos de acuerdo a las normas vigentes del país.

Según la disposición y el régimen del CNDR (*centro nacional de diagnóstico y referencia*), para las localidades de todo el país han establecido programaciones y procedimientos para el análisis de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.

Para el caso del municipio los estudios practicados a las aguas de consumo son caracterizados o denominados por los que a continuación se describen:

Que las aguas serán de consumo si cumplen con los análisis físico-químicos, organoclorados y plaguicidas, bacteriológicos y traza de metales.

2.1.1.2 Periodo de muestreo por parámetros de análisis

Para los parámetros de trazas de metales, físico-químicos y organoclorados-plaguicidas, cada cinco meses se recolectan las muestras y son enviadas hacia los

laboratorios del CNDR. Generalmente se concentra en las entradas y salidas del invierno en consecuencia de la dinámica influyente en mayor grado de propagación y por alteraciones de las fuentes subterráneas debido a las escorrentías por lluvias.

Mientras tanto que los estudios bacteriológicos son realizados en cada mes, ya que uno de los indicios detectados es a causa del sistema de tratamiento hidrosanitario convencional del municipio, que es el sistema de letrinas, dado que no se cuenta con un sistema de aguas negras para la conducción y tratamiento de las aguas con excretas y que además es el principal indicador para realizar consecutivamente en un periodo de un mes la detección de bacterias de los coliformes fecales y/o totales en busca de la presencia o ausencia de la bacteria E. coli.

2.1.2 Información general de la zona en estudio.

2.1.2.1 Ubicación del proyecto

El barrio Lomas del Sol y sus Anexos se encuentra ubicado en la zona urbana del municipio de San Francisco Libre, del Departamento de Managua, bajo la coordenada 12°30'N; 85°18'O.

Según el Censo Nacional INIDE 2005, el municipio tiene una extensión territorial de 756 kilómetros cuadrados (291,9 mi²) y una superficie terrestre de 668.3 Km². San Francisco Libre está situado en el departamento de Managua, a 80 kilómetros de distancia de la capital Managua en la orilla norte del lago Xolotlán.

El paisaje natural está conformado hacia el sur por una inmensa llanura aluvial en donde se localiza el principal centro urbano y cabecera municipal de San Francisco Libre. Hacia el oeste se localizan los volcanes Momotombo y Momotombito, hacia el noreste la región montañosa de Ciudad Darío (Matagalpa).

Ilustración 2-1 / localización de la zona de estudio



Fuente: captura satelital con Google Earth.

2.1.2.2 Geología y topografía del terreno

- **Morfología:** El municipio de San Francisco Libre se localiza en la Provincia geomorfológica denominada Depresión de Nicaragua. Fisiográficamente, parte del municipio pertenece a las Planicies Norte del lago Xolotlán o de Managua en el cual se observa un relieve plano, mientras que la otra parte presenta un relieve abrupto. Por su origen y posición con respecto al plano horizontal, el relieve presenta rasgos endógenos positivos (cerros) y negativos (planicies) y desde el punto de vista altimétrico, al noreste se observan rasgos de lomeríos bajos (menor a 300 m.s.n.m); rasgos exógenos – negativo – acumulativo, han dado origen a una planicie lacustre fluvial sub-horizontal.
- **Morfología de montañas:** Está constituida por cerros de fuertes pendientes (formadas por depósitos de caída –piroclastos-), mesetas erosionadas (formadas por flujos basálticos), conos (formados por rocas ígneas efusivas). Al Norte (a más de 4 km) se presentan montañas con elevaciones de hasta

650 m.s.n.m., mientras que al Este del poblado las máximas elevaciones alcanzan los 300 m.s.n.m.

Otras formas corresponden a superficies planas, horizontales:

- **Terrazas lacustres:** Conformadas por bancos o barras de arenas –colinas costeras paralelas al lago-, las cuales se han originado por las crecidas recientes del lago Xolotlán. Estas terrazas están cubiertas por sedimentos aluviales cuaternarios (Qal – arenas y limos-).
- **Planicies de inundación lacustre – fluvial:** Ocupa la superficie localizada al Norte y Oeste del lago Xolotlán. Está cubierta por sedimentos cuaternarios indiferenciados (Q). Esta superficie se ha formado debido a las antiguas crecidas del lago.
- **Valles aluviales:** Conformados por los valles formados por la erosión causada por la escorrentía hídrica. Se encuentran cubiertos por sedimentos aluviales cuaternarios (Qal). Los más importantes se localizan entre los cerros Barrabas y San Benito y entre los cerros El Picacho y las laderas Suroeste del cerro Las Mesetas. Estos valles se formaron debido al accionar erosivos del río Quebrada Grande y sus afluentes.
- **Lito estratigrafía:** Las rocas pertenecen al Terciario mioceno (Tmca, Tmcd) y al Terciario plioceno (Tpcb, Tpci), pertenecientes al Grupo Coyol: Coyol Inferior (Tmca – aglomerados; Tmcd – flujos de cenizas dacíticos con cuarzo) y al Grupo Coyol Superior (Tpcb – lavas basálticas; Tpci – tobas ignimbritas dacítico andesítica). Los valles aluviales, fluviales y las terrazas lacustres están cubiertas por sedimentos aluviales cuaternarios (Qal), mientras que las planicies de inundación están cubiertas por sedimentos cuaternarios indiferenciados (Q).

2.1.2.3 Clima y precipitación.

- **Temperatura media anual:** Como característica de un país tropical y por la ubicación del municipio en la zona pacífica, el clima se presenta cálido y seco; corresponde al trópico semi seco o de sabana, presentándose una temperatura promedio de 30° C.
- **Zonas climáticas:** El clima, no varía en el territorio del municipio de San Francisco Libre, pero es importante señalar que en la parte norte el clima se presenta un con una pequeña variación debido a la altitud que diferencia la parte más baja del territorio con 41 msnm con la más alta con más de 900 msnm en la parte del cerro Güisisil.
- **Precipitación promedio anual:** El comportamiento de las lluvias medias anuales varía de 1,000 a 1,100 mm, con variaciones hasta de 1,200 mm. La distribución es bastante irregular. Esta irregularidad y mala distribución de las lluvias produce un marcado desbalance hídrico para los cultivos anuales.

2.1.2.4 Hidrología e hidrogeología

Hidrología: La red hídrica es del tipo “Cuenca de textura gruesa”, en el cual la escorrentía superficial es menor, lo que se asocia a rocas resistentes y de permeabilidad media a baja, presentando suelos poco desarrollados con permeabilidad moderada.

Los principales ríos que componen la red hídrica son: El Papaturro, El Salto y Las Casitas, los cuales vierten sus aguas en la costa Norte del lago Xolotlán. Estos ríos describen Cuencas de Textura Gruesa, lo que indica que las corrientes son de poco caudal. La superficie de la cuenca está formada por suelos de moderada permeabilidad (arenas y limos –Q y Qal), mientras que su basamento, aunque es denso, es a la vez permeable (TQps –Formación Las Sierras).

- **Características hidrológicas del área.**

Las quebradas del entorno, definen un drenaje natural, de bajo a moderado. Las estructuras de los cauces obedecen, a los tipos de rocas duras y suelos franco limoso, arcilla, arenoso y pedregosos, formando secciones triangulares de estos, en las áreas de recarga y descarga, con espesores en el orden de los 3 metros de profundidad (profundidad moderada de 0.5 a 3 metros y con poca vegetación natural) las cuales son características desfavorables para incrementar la erosión en el área.

Hidrogeológica: El municipio de San Francisco Libre, está enclavado en la sub-cuenca del río Viejo-Pacora. Posee un relieve topográfico irregular, de lomas y colinas en las zonas altas; y planicie en las áreas bajas. Se halla asentada sobre rocas Terciarias del Grupo Coyol.

La geología del área se constituye de rocas de edad Plioceno, de la Formación Terciaria del Grupo Coyol, que afloran en el área de trabajo, y están cubiertas de material de meteorización de las mismas rocas con espesores pobres. El Coyol Superior está compuesto predominantemente por flujos lávicos basálticos y lentes de aglomerados hacia la base. Los basaltos son masivos de color gris oscuro, ocasionalmente vesiculares con óxido de hierro en las zonas de fractura. Mientras los aglomerados están compuestos por bombas, bloques basálticos vesiculares y andesíticos.

La formación Coyol, aunque es impermeable en las rocas masivas, aun así, las aguas circulan a través de fracturas, grietas, diaclasas y planos de fallas, creando una permeabilidad secundaria en estas zonas.

En las zonas bajas (zona de descarga) predominan los depósitos aluviales y coluviales los cuales rellenan las áreas de la cabecera municipal.

- **Características hidrogeológicas del área.**

Los afloramientos de rocas terciarias del grupo Coyol, características del subsuelo de la zona alta, que reflejarían un comportamiento significativo de dependencia geológica con acentuada irregularidad de flujos de agua a través de las fallas, anualmente. Por el contrario, en la zona baja se hallan los acuíferos libres con significativo rendimiento de agua.

El drenaje del área es paralelo y los brotes de agua son pocos a través de fracturas y fallas en la zona alta, lo que indica la presencia de un medio geológico poco permeable.

La presencia de rocas Terciarias en el área es abundante. Estos cubren toda la extensión del área alta, de potente espesor e interdigitación litológica variable. Por tanto, el tipo de acuífero es fracturado, somero y semi-confinado en la zona alta de los cerros. Estos acuíferos someros se forman en los sistemas de fallas, fracturas y en zonas meteorizadas de las rocas volcánicas Terciarias.

Estos depósitos son de poco espesor y de poca potencia hidráulica, con transmisividades de baja a media, de 1 a 10 m²/día y permeabilidad secundaria baja, entre los 1 y 5 m/día. Estas características son de poco rendimiento para el aprovechamiento del agua subterránea debido al poco espesor saturado poroso. El basamento hidrogeológico aflora o es somero, con sedimentos formados por la meteorización de las rocas volcánicas de la Formación Coyol.

La cabecera municipal de San Francisco Libre, en la zona de descarga, se halla dentro de los depósitos cuaternarios de las planicies de la cuenca del río Pacora- El Viejo (INETER, 1989). El área de estudio está en el borde fronterizo natural de la formación Las Sierras y el Grupo Coyol, en dirección noroeste-sureste.

Según referencia del estudio geofísico se determinó que los espesores de los acuíferos en las áreas cuaternarias varían de 5 a 80 metros en los depósitos

cuaternarios, correspondiendo este último valor a la zona de mayores perspectivas hidráulicas para perforar el pozo con significativo rendimiento sostenible.

2.1.3. Entorno social y económico de la población.

2.1.3.1 Infraestructura y servicios municipales.

Salud.

De acuerdo al Representante del MINSA, la atención del municipio de San Francisco Libre está distribuida en 7 sectores, 33 comunidades y 6 caseríos. Infraestructura y servicios de salud. En el área urbana se cuenta con un hospital primario inaugurado en julio del 2014 que está iniciando su funcionamiento y cuenta con una ambulancia ubicado a 2 km de la salida hacia la carretera a Managua.

La unidad médica más cercana de Lomas del Sol se encuentra a 500 m lo que es el puesto de salud familiar y comunitario Catalina Leiva y denominado igualmente la casa Materna que se localiza a la par, ambos han sido mejorados y construidos en el año 2015 respectivamente.

Educación.

De acuerdo al delgado del MINED, la atención educativa que cubre las cuatro comarcas del municipio es organizada en base a seis núcleos educativos que toman en cuenta las rutas de acceso y la concentración de la población estudiantil.

Recientemente se construyó el nuevo colegio Concepción de María para el año 2015 se terminaron de ajustar algunos detalles que habían quedado pendiente. Anteriormente se encontraba en el barrio Puerto Viejo instalaciones que aún se ocuparán para la delegación del MINED y pre-escolar; mientras que en el nuevo edificio se atenderá primaria y secundaria según plan estratégico que brindó el delegado.

Cultura, deporte y recreación.

La municipalidad ha llevado año con año, proyectos de este tipo de los cuales se tiene un parque de juegos infantiles e internet libre en el mismo y el principal espacio deportivo se está Construyendo en III Etapa el techado y graderías de la cancha multiusos ubicada frente a la alcaldía que podrá ser utilizada también como espacio de encuentro y para desarrollar diferentes actividades.

Transporte.

La entrada a San Francisco Libre es situada en el empálame del km 41 de la carretera panamericana que conecta Managua con la cabecera municipal de San Francisco, que a su vez se comunica con El Jicaral (departamento de León).

La cabecera municipal de San Francisco está ubicado a 79 km de Managua. Por lo general el municipio cuenta con vías de acceso en todo tiempo y de diferentes sistemas o estructuras de pavimentos entre ellos: Adoquinado, concreto hidráulico, concreto ciclópeo y calles revestidas con material de préstamo de banco no clasificado.

Tabla 2-1/ inventario red vial casco urbano

Zona	Tipo De Rodamiento	Cantidad (m)
Lomas del Sol y anexos	Calles adoquinadas	1,137
	Calles revestidas con material Selecto	10,071.62
Barrio Puerto Viejo	Calles de concreto Hidráulico	665

El principal medio de transporte utilizado para moverse en el casco urbano es el moto-taxi y a no más de 100 metros se transborda las rutas intermunicipales que dirigen hacia la capital Managua y a la comunidad de Las Mojarras del departamento de León (limite San Francisco Libre con el Jicaral Dpto. de León).

Servicio de energía Eléctrica.

Para el 2015 ENATREL realizó un proyecto de electrificación en la zona rural y ampliación en el casco urbano sobre la carretera que va hacia Las Mojarras quedando un 96% del municipio electrificado (*datos provenientes del responsable de Planificación de Proyectos*). En un 100% en el barrio y anexos de Lomas del Sol fluye el servicio; situación que favorece o que apunta para una configuración de los Sistemas de Agua Potable del tipo MABE.

Telecomunicaciones.

Así como las operadoras de claro y movistar da una cobertura fluida en todo el territorio urbano. No hay instalaciones con servicio al cliente por lo que únicamente están establecidas las antenas que generan un radio enlace. Es de mencionar que también se ha instaurado el servicio de internet libre (Parque WIFI Colonia 23 de Agosto), que es administración directa de la municipalidad, esto a partir del mes de Julio 2015 y asimismo cuentan con una estación radial (ECOJUVENIL).

Iglesias.

En el municipio se cuenta con un total de cincuenta y dos iglesias: diecisiete católicas y treinta cinco evangélicas (de diferentes denominaciones), de las cuales 2 de ella en el barrio Lomas del Sol.

Sistemas de alcantarillado sanitario.

Se ha establecido un sistema de drenaje de aguas grises en I y II etapa año 2015, la instalación alrededor de 1750 m de tubería PVC de 4" que es conducida desde las viviendas del sector hacia el cauce natural que divide al barrio Lomas del Sol con el barrio puerto nuevo, escurriéndose a lo largo del canal hasta esparcirse a las costas del lago.

No hay tratamiento adecuado ya que conlleva a la proliferación de enfermedades virales y contaminación del medio por haber aguas estancadas. A como bien se mencionaba el cauce no es revestido, impidiendo una correcta circulación que vaya

a desembocar hasta una alcantarilla que divide a Bº Puerto Viejo y Puerto nuevo, donde caen en un filtro de piedra bolón. De la misma manera no existe un sistema de drenaje pluvial y en cierto modo las escorrentías se dirigen hacia el lago Xolotlán a través de la pendiente del terreno.

En el caso de las aguas con excretas son tratadas con letrinas y algunos que otros sumideros revestidos en casas particulares, pero que de igual forma esto repercute en la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua potable; sobre todo por las características y topografía del suelo.

Cementerios.

El municipio cuenta con un total de diecisiete cementerios: dieciséis públicos y uno privado. Dos de ellos se ubican en los barrios Lomas del Sol y Villa Reconciliación del Casco Urbano. En la comarca de Lauren Galán existen dos cementerios ubicados en las comunidades de Laurel Galán y San Benito n.2. Seis se ubican en la comarca de Telpochapa, específicamente en la comunidad de Las Lomas, La Trinidad, San Jorge y Los Pochotillos y dos en las comunidades de La Conquista (uno atiende Telpochapa). Siete cementerios se encuentran en la comarca de San Roque ubicados en las comunidades de San Roque, El Mayro, Las Delicias de San Roque (dos), Pacora (dos) y San Ramón. Otro cementerio está en proceso de construcción en la comunidad de San Martín.

Manejo de desechos sólidos.

La alcaldía cuenta con camión de recolección y un volquete para asegurar el servicio de recolección de la basura, aproximadamente esta actividad se realiza de 1 a 2 veces al mes. La basura se recoge en el vertedero municipal ubicado en un área despoblada en la comunidad de El Valle, donde se realiza control mediante la quema de los desechos al aire libre.

El Estudio biofísico de San Francisco Libre (2014) evidencia que el área del vertedero necesita ser debidamente delimitada para evitar que los desechos caigan en la cuenca que se encuentra adyacente al mismo.

2.1.3.2 Aspectos económicos.

De acuerdo al área de administración tributaria, quien se encarga dentro de sus funciones en la recolección del pago por el servicio de agua, una de las grandes dificultades de este proyecto es la sostenibilidad por lo que existe una cultura del “NO PAGO” de una tarifa de C\$50.00/mes, mientras que los costos por mantener el servicio se encuentran abruptamente por encima de la meta mensual propuesta para el pago de mantenimiento y gastos operativos. Esta información se verifico con las encuestas realizadas vs base de datos y estado financiero del servicio de agua potable brindados por administración Tributaria de la alcaldía municipal.

De los dos proyectos de sistemas de agua potable que administra la municipalidad no se ha establecido el uso de medidores en ninguna de las viviendas del sector Lomas del Sol, Colonia Cristo Rey, Colonia 23 de Agosto y colonia reconciliación. Como es un proyecto de carácter enteramente social se fijó a través del consejo municipal el pago ya antes mencionado. Esto ha afectado en la recuperación de las inversiones anuales que se destinan para dar el mantenimiento agregando de este mismo modo el servicio de energía eléctrica por el uso de las bombas de los pozos.

2.1.3.3 Aspectos demográficos.

Población: El barrio tiene una población total de 2,150 habitantes 49.64% son mujeres y el 50.36% restante hombres para el año 2014.

Tabla 2-2 / población urbana

BARRIO	Total	femenino	masculino	%
Lomas del Sol y anexos	2150	1067	1083	62.87%
puerto viejo	824	393	431	24.09%
Puerto Nuevo	446	234	212	13.04%
Casco Urbano	3420	1694	1726	100.00%

(Fuente: levantamiento de campo)

Vivienda: Estas familias están distribuidas en 348 viviendas por lo que las 419 la diferencia que se aprecia es por considerarse desocupada. Generalmente en la zona de este estudio se logró observar directamente que uno de los sectores donde están más deshabitadas es en la colonia 26 de Septiembre. Lo que incide en esa inestabilidad de residencia es por el tipo de terreno y el servicio de agua potable que está muy limitado para cubrir la demanda en el sub-sector antes mencionado.

Tabla 2-3 / viviendas urbanas (fuente estudio socioeconómico 2014)

BARRIO	Censadas	desocupadas	totales	%
Lomas del Sol	348	71	419	51.60%
puerto viejo	204	62	266	32.76%
Puerto Nuevo	121	6	127	15.64%
Casco Urbano	673	139	812	100.00%

(Fuente: Estudio socioeconómico del municipio de San Francisco Libre 2014)

2.2 Normas de diseño.

Las normas de diseño empleadas fueron tomadas del documento: Diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09003-99).

Los términos, condiciones y criterios desarrollados en esta norma se han empleado en el presente estudio; que de acuerdo a su naturaleza o tipología en el ámbito de

aplicación están ampliamente dedicadas al desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la capital y el resto del país en la zona urbana. Del mismo modo emplear las normas para regular la calidad de las aguas de consumo humano.

2.2.1 Estudios de población

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento poblacional como: Censos Nacionales del INIDE, datos registrales del MINSA y alcaldía Municipal.

2.2.1.1 Proyección de la población.

La proyección de la población es necesaria para la determinación y diseño del conjunto de los sistemas de abastecimiento de agua potable, adaptando las exigencias a los periodos de diseño de cada elemento.

Para el cálculo de la proyección de la población se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

2.2.1.2 Tasa de crecimiento.

- 1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
- 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%
- 3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:
 - b) Menor del 2.5% la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.

2.2.2 Dotaciones y demanda de agua para consumo.

2.2.2.1 Consumo doméstico

Constituido por el consumo familiar de agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín y adecuado funcionamiento de las piezas sanitarias. Representa generalmente el consumo predominante en el diseño.

Tabla 2-4 / dotación per cápita (NTON 09 003-99)

Rango de Población		Dotación	
		gal/hab/día	l/hab/día
0	5000	20	75
5000	10000	25	95
10000	15000	30	113
15000	20000	35	132
20000	30000	40	151
30000	50000	45	170
50000-100000 y mas		50	189

2.2.2.2 Consumo comercial industrial y público para el resto del país

Consumo Público e institucional: está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos y limpieza de calles. Para las instituciones se refieren a los edificios que cumplen con objetivos de gestión local como (alcaldía, Policía, juzgados, CDI, escuelas, casas maternas, centros de salud e instituciones del estado).

Consumo comercial e industrial: Puede ser un caudal significativo, en tal caso, las cifras de consumo deben basarse en el tipo de industria y comercio, más que en estimaciones referidas a áreas o consumos per cápita.

Tabla 2-5 / tipos de consumo (NTON 09 003-99)

CONSUMO	PORCENTAJE
Comercial	7% CPD
Publico o institucional	7% CPD
Industrial	2% CPD

2.2.2.3 Variaciones máximas de consumo

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función de un porcentaje del Consumo Promedio Diario (CPD). La importancia de obtener el valor de estas variaciones radica en dimensionar los componentes de los sistemas de agua y alcantarillado sanitario.

a.- Demanda del máximo día

Para las localidades del resto del país, será el CMD = 150% * CPD

b.- Demanda de la hora máxima

Para las localidades del resto del país, será CMH = 250% * CPD

2.2.2.4 Pérdidas en el sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua, el porcentaje se fijará en un 20% del CPD.

$$h_{red} = 20\% * CPD$$

2.2.3 Periodos de diseño económico para las estructuras de los sistemas.

Cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse

hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad; qué partes deben considerarse a construirse en forma inmediata, y cuáles serán las previsiones que deben de tomarse en cuenta para incorporar nuevas construcciones al sistema. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema. El contenido de la tabla que sigue debe considerarse normativo para estos aspectos.

Tabla 2-6 / Período de diseño estructuras de los sistemas (NTON 09 003-99)

Tipo de estructuras	Características	Periodo de Diseño/años
a. presas, ductos grandes	Difíciles y costosos de agrandar	25 - 50
b. Pozos, tanques, equipos de bombeo, plantas de potabilización	Fáciles de ampliar cuando el crecimiento y las tasas de interés son bajas. Menor de 3% anual	20 - 25
	Cuando el crecimiento y las tasas de interés son altas. Mayor del 3% anual	10 - 15.
c- tuberías mayores de 12" de diámetro	Reemplazar tuberías pequeñas es más costoso a largo plazo	20 - 25
d- laterales y tuberías Secundarias menores de 12"	Los requerimientos pueden cambiar rápidamente de diámetro en áreas limitadas	Para el desarrollo completo

2.2.4 Parámetros de calidad del agua.

Las normas de calidad del agua de consumo humano tienen como objetivo proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua.

2.2.4.1 Parámetros bacteriológicos

La clasificación de este parámetro como indicador más preciso es la verificación de presencia o ausencia de la bacteria Escherichia Coli, “E. coli” en aguas de consumo como indicador bacteriológico por contaminación fecal.

El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. Coli. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de Coliformes Fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país.

- **Coliformes totales:** Grupo de bacterias aerobias y anaerobias facultativas Gram negativo, no formadoras de esporas, que fermentan la lactosa con producción de gas a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ dentro de 48 h.
- **Coliformes fecales:** Los microorganismos que tienen propiedades idénticas a los Coliformes totales, formadas a partir de temperaturas entre 44 ó 44.5°C . También determinadas como Coliformes termorresistentes o termotolerantes.

Tabla 2-7 / Parámetros bacteriológicos (norma CAPRE)

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤ 4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤ 4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

- a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *E. Coli*, definida en el artículo 4. La bacteria Coliformes Total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.
- b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliformes fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifica las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.
- c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de negatividad debe ser $\geq 90\%$.

2.2.4.2 Parámetros organolépticos.

Turbiedad: Interferencia óptica producidas por las materias en suspensión en el agua. Causadas por las partículas que forman los sistemas coloidales, es decir, aquellas que por su tamaño se encuentran suspendidas reduciendo la transparencia del agua en menor o mayor grado.

Este parámetro está expresado en UNT (*Unidades Nefelométricas de Turbiedad*). Para agua potable, el valor máximo admisible de turbiedad en muestras puntuales es de 5 UNT, según normas CAPRE.

Color: esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Se considera que el color natural del agua excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

Extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, la descomposición de la materia, materia orgánica del suelo, la presencia de hierro, manganeso, otros compuestos y una combinación de los procesos descritos.

Olor y sabor: están estrechamente relacionadas; estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. La falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor o sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua. Los indicadores para los parámetros de color, olor y sabor, son propias de su origen y fin.

Tabla 2-8 / Parámetros organolépticos (norma CAPRE)

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

2.2.4.3 Parámetros Físico – Químicos.

- **Metales totales:** Corresponde a la concentración de metales determinados en una muestra no filtrada después de una rigurosa digestión, o también, la suma de las concentraciones de metales en las fracciones disuelta y suspendida.
- **Metales disueltos:** Son aquellos metales presentes en una muestra no acidificada que pasan a través de un filtro de membrana de porosidad 0.45 µm.

Para determinar tanto metal disuelto, filtrar la muestra inmediatamente después de su recolección. No preservar con ácido hasta después de haberla filtrado.

- **Metales suspendidos:** Corresponde a aquellos metales presentes en una muestra no acidificada que son retenidos por un filtro de membrana de porosidad 0.45 μm .
 - a) Parámetros para sustancias no deseables
 - b) Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud
 - c) Parámetros para sustancias orgánicas de significado para la salud, excepto plaguicidas.
 - d) Parámetros para pesticidas
 - e) Parámetros para desinfectantes y subproductos de la desinfección

Tabla 2-9 / Parámetros físico-químico (norma CAPRE)

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	400	
Dureza	mg/L CaCO_3	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO_3	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO_3	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

- a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.
- b) Cloro residual libre.

- c) 5 mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud. Por otro lado cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.

Tabla 2-10 / Parámetro para sustancias no deseadas (norma CAPRE)

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Nitratos – NO ₃ ⁻¹	mg/l	25	50
Nitritos – NO ₂ ⁻¹	mg/l		(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 - 1.5 ⁽²⁾
Sulfuro Hidrógeno	mg/l		0.05

1. Nitritos: Valor máximo admisible 0.1 ó 3.0.

Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y nitrito por la fórmula:

$$\frac{[NO_3]}{V.R.NO_3} + \frac{[NO_2]}{V.R.NO_2} < 1$$

NOTA: V.R. = valor recomendado

2. mg/l T = 8-12°C
0.7 mg/L T = 25-30°C

Tabla 2-11 / Parámetro para sustancias inorgánicas (norma CAPRE)

Parámetro	Unidad	Valor máximo Admisible
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.05
Cianuro	mg/L	0.05
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.001
Níquel	mg/L	0.05
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.01

Conductividad.

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia.

La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10^{-6} es decir micro Siemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o en 10^{-3} es decir, mili Siemens (mS/cm).

En el caso de medidas en soluciones acuosas, el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente regla:

Grados ingleses	Grados americanos
1.4 $\mu\text{S/cm}$ = 1ppm o 2 $\mu\text{S/cm}$ de CaCO_3	= 1 ppm (partes por millón)

Donde 1 ppm = 1 mg/L es la unidad de medida para sólidos disueltos.

Tabla 2-12 / Parámetros de conductividad (www.infoagro.com)

Conductividad y dureza del agua			
Ppm	$\mu\text{S/cm}$	°F	Dureza
0-70	0-140	0-7	muy blanda
70-150	140-300	7-15	blanda
150-250	300-500	15-25	ligeramente dura
250-320	500-640	25-32	moderadamente dura
320-420	640-840	32-42	dura
superior a 420	superior a 840	superior 42	muy dura

2.2.5 Fuentes de abastecimiento.

Entiéndase por fuente de abastecimiento al elemento más importante del sistema de abastecimiento de agua potable que por el tipo de explotación y aprovechamiento del recurso hídrico para consumo humano, puede ser captación superficial en el caso de ojos de agua, ríos, manantiales entre otros. También del tipo de extracción de aguas subterráneas cuando el caso de los recursos no se cuente con ninguna de las fuentes antes mencionadas por lo que únicamente la solución ante este derecho es a través de aguas subterráneas extrayéndose mediante pozos excavado a mano, pozos perforados y MABE.

Requisitos sobre la calidad.

El agua de fuente de abastecimiento deberá ser examinada con el objeto de determinar las características siguientes:

- ✓ Bacteriológicas
- ✓ Físicas
- ✓ Químicas
- ✓ Biológicas

La calidad del agua deberá estar de acuerdo a las Normas de Calidad del Agua. El agua de la fuente debe ser de tal calidad que no requiera un tratamiento que sea excesivo o antieconómico. En la tabla 2-13 se indican los diversos límites aceptables del contenido de sustancias en la fuente de abastecimiento.

Tabla 2-13/ Clasificación de fuentes de agua y tratamientos (NTON 09 003-99)

ITEM	Fuente buena. Requiere como tratamiento únicamente desinfección	fuente que puede requerir tratamiento usual tal como filtración y desinfección	Fuente deficiente puede requerir tratamiento especial y desinfección
DBO (5-días) mg/lit			
Promedio Mensual	0.75-1.5	1.5-2.5	Mayor de 2.5
Máximo diario:	1.0-3.0	3.0-4.0	Mayor de 4.0
COLIFORME NMP por 100 ml			
Promedio Mensual	50-100	50-500	Mayor de 5000
Máximo diario:	Más de 100 en menos del 5% de las muestras	Más de 5000 en menos del 20% de las muestras.	Más de 20000 en menos de 5% de las muestras.
OXIGENO DISUELO			
(mg/lit)	4.0 (mínimo)	4.0 (mínimo)	4.0 (promedio)
Saturación	75% o mayor	60% mayor	
pH Promedio	6.0 - 8.5	5.0 - 09	3.8 - 10.5
CLORURO max. Mg/lit	Menor de 1.5	1.5 - 3.0	Mayor de 250
FLUORUROS, mg/lit	Menor de 1.5	1.5 - 30	Mayor de 3.0
COMPUESTOS			
FENOLICOS max. Mg/lit.	Ninguno	0.005	Mayor de 0.005
COLOR, unitario	20	20 - 150	Mayor de 150
TURBIEDAD, unitario	10	10 - 250	Mayor de 250

NOTAS:

- 1: Toda fuente superficial debe tener como tratamiento mínimo la desinfección.
- 2: el valor de los límites indicados en esta tabla es relativo y el proyectista deberá utilizarlos solamente, como una guía general para cada caso.

Tabla 2-14 / Tipo de pozos (NTON 09 003-99)

CLASES DE POZOS	DIAMETRO PULGADAS (mm)	PROF. USUAL mt.	RENDIM. gpm (lt/s)	METODO CONSTRUC.	UBICACIÓN
POZOS POCO PROFUNDOS:					
Excavados	40-100 (1000) (2500)	15-	15-70 (1) (4.4)	Excavación	En las formaciones no consolidadas o roca blanda.
Incados	1.2-4 (30) (100)	15	8 (5)	Impelido por percusión	En las formaciones no consolidadas y sin gravas ni rocas
POZOS PROFUNDOS:					
Por Percusión	Hasta 20 (500)	Hasta 900	25-1500 (1.5)(94)	Equipo de percusión	En las formaciones de rocas consolidadas o de cantos
Por Rotación	Hasta 20 (500)	Hasta 900	25-1500 (1.5)(94)	Rotatorio	En las formaciones no consolidadas

Tabla 2-15 / ademes mínimos de pozos según caudal (NTON 09 003-99)

Capacidad del Pozo		Diámetro de Ademe	
gpm	(l/s)	pulg	(mm)
125	7.9	6	150
300	18.9	8	200
600	37.8	10	250
900	56.78	12	300
1300	82	14	350
1800	113.55	16	400

2.2.6 Líneas de conducción.

De acuerdo a la tipología de la fuente de abastecimiento las líneas de conducción pueden ser:

2.2.6.1 Tipos de líneas de conducción.

Por gravedad: En el diseño de una línea de conducción por gravedad se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se deberá tener en cuenta los aspectos siguientes:

- **a.1:** Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario (CMD= 1.5 CPD).
- **a.2:** En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5 m por lo menos.
- **a.3:** La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 m, incorporando en la línea tranquilas rompe presión donde sea necesario.

Por bombeo: En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. Deberá considerarse los siguientes aspectos.

- **b.1:** Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen William u otra similar.

- **b.2:** Para determinar el mejor diámetro (más económico) puede aplicarse la formula siguiente, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América. (Similar a la de Bresse, con $K=0.9$ y $n=0.45$)

$$D = 0.9 (Q)^{0.45}$$

D= metros, Q= m³/s

- **b.3:** Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio (CMD=1.5 CPD, más las pérdidas).

- **b.4** La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

2.2.6.2 Tipos de Válvulas

Las válvulas son componentes importantes de un sistema de agua potable. Existe una variedad de válvulas que se colocan en la línea de conducción, cada una tiene una función específica:

- **Válvula de compuerta:** Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión. Se usan donde el disco de la válvula se mantiene totalmente abierta o totalmente cerrada. No son adecuadas para

estrangulación dejando las válvulas parcialmente abiertas, causa erosión y daña el disco.

- **Válvula de globo:** El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.
- **Válvula de limpieza:** Son dispositivos que sirven para extraer los sedimentos que se depositan en las partes bajas de las tuberías. En general la ubicación se realiza en el lugar indicado conforme a los planos y consiste en colocar una te en línea, a la cual se conecta lateralmente un niple hasta el punto adecuado del desfogue. Para los casos de las válvulas de expulsión de aire y válvulas de limpieza, estas pueden ser reemplazadas por mecanismos contruidos de manera artesanal, lo cual consiste en colocar un niple de hierro galvanizado en lugar de las válvulas y en cuyo extremo se coloca un tapón hembra de HG que a su vez estas pueden ser operadas manualmente.
- **Válvulas de admisión y expulsión de aire:** Se utiliza para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento. Igualmente, para admitir aire en la tubería y romper así el vacío que pueda producirse dentro de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.
- **Válvulas de retención o de cheque:** Su disposición tiene como objetivo en la línea de impulsión impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas.
- **Válvulas de alivio contra el golpe de ariete:** En las sarts de bombeo estas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.
- **Llaves de chorro:** Es el accesorio final que se instala en los servicios públicos, deberán ser de bronce, con rosca macho en un extremo. Esta llave

será de $\frac{1}{2}$ " diámetro para utilizarse en los puestos públicos o tomas domiciliarias de agua potable.

2.2.6.3 Sarta de bombeo.

Es el enlace entra la bomba (línea de impulsión) y la línea de conducción (línea de descarga), generalmente compuesta por tubería de hierro fundido, válvulas y obras complementarias para el control y regulación del caudal de trabajo en el sistema. Como mínimo debe comprender entre los accesorios (válvulas de compuerta, de retención, medidor de caudal con llave de chorro de $\frac{1}{2}$ ", derivación de descargue para prueba de bombeo y en caso de sobrepresiones válvulas de alivio para mitigar en efecto el golpe de ariete. El diámetro para el diseño será en base a lo dispuesto en la Norma NTON 09 003-99.

2.2.6.4 Sobrepresiones en la línea de conducción.

El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad; formándose una onda de máxima compresión que se inicia en las proximidades de la válvula y se traslada al origen. La energía cinética que lleva el agua se transforma en energía de compresión.

La celeridad (a) es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería. Su valor se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua.

Una expresión práctica propuesta por **Allievi**, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es aguas abajo

La cedula de la tubería estará en función de las cargas máximas de presión generadas en el sistema ya sea en la línea de conducción o red de distribución. Agregando a estas cargas de presión en los puntos de la red el cálculo de sobre presiones que será estimado para la selección de la cedula de la tubería a utilizar.

2.2.6.5 Carga de bombeo o Carga Total dinámica HB, CTD.

La Altura Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una bomba (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable. La carga total dinámica está compuesta por:

a. Cargas de posición geodésica (diferencia de elevaciones).

- **Nivel dinámico (ND):** comprendido desde el nivel de bombeo hasta el nivel del terreno natural.
- **Desnivel topográfico (DT):** brecha de elevación que existe desde el nivel de la sarta de bombeo contra el tanque de almacenamiento o bien sea para los tipos de sistemas que operan desde la fuente y bombean directamente el agua a la red de distribución en la cota de mayor elevación del nodo concentrado.
- **Altura de llenado del tanque (ALL):** medido desde la cota de fondo hacia la altura correspondiente a la geometría del tanque.

b. Pérdidas de carga.

- **Pérdidas por fricción (h_f):** el método de cálculo mayormente utilizado es la ecuación de Hazen – Williams que permite analizar las pérdidas por fricción a lo largo de un conducto y de las características rugosas del material.

Tabla 2-16 / Coeficiente de capacidad hidráulica (C) en la fórmula de Hazen - Williams. (NTON 09 003-99)

Material del conducto	Edad	
	Nuevos (C)	Inciertos(C)
Cloruro de Polivinilo	150	130
Asbesto Cemento	140	130
Hierro Fundido cubierto (interior y exteriormente)	130	100
Hierro fundido revestido de cemento o esmalte o bituminosos	130	100
Hierro dúctil	130	100
Tubería de hormigón	130	120
Duelos de madera	120	120

Pérdidas locales (h_{loc}): las pérdidas de cargas locales o singulares ocurren en determinados puntos de la tubería y se deben a la presencia de algo especial que se denomina singularidad: un codo, una válvula, un estrechamiento, etc.

Tabla 2-17 / Coeficientes de pérdidas menores

válvula de globo completamente abierta	10
válvula de ángulo completamente abierta	5
válvula de retención completamente abierta	2.5
válvula de compuerta totalmente abierta	0.2
codo de radio pequeño	0.9
codo de radio medio	0.8
codo de radio grande	0.6
codo a 45°	0.4
codo cerrado con inversión del flujo	2.2
te estándar- dirección de paso	0.6
te estándar- dirección desvió	1.8
entrada recta	0.5
salida brusca	1

2.2.7 Red de distribución.

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos; para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

1. Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CHM = 2.5CPD$, más las pérdidas generadas en el sistema 20%CPD).
2. El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
3. La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

El dimensionamiento del diámetro y en los puntos donde corresponderán serán realizados mediante el análisis hidráulico cumpliendo enteramente que las presiones en los nodos concentrados sean mayores o igual a los 14 mca pero menor de 50 m.

El trazo de la red propuesta debido a la irregularidad del terreno abarcará la mayoría de las viviendas mediante ramales abiertos que estén sometidos a las condiciones mínimas.

La resistencia de la tubería se establecerá conforme a la mayor altura de presión generada en el sistema y relacionada con las resistencias de las tuberías ofrecidas por las fabricantes sean estos cedulas 17, 26, etc.

2.2.8 Ampliaciones del sistema.

Como todo proyecto de agua potable debe diseñarse de manera que pueda cumplir con las demandas futuras, mediante las extensiones de la red de distribución,

montaje de múltiples baterías de almacenamiento. Siempre y cuando el sistema este dimensionado para los años de utilidad y proyección de expansión territorial que induce a mayor demanda. Debiendo este satisfacer sin alteraciones que perjudiquen el funcionamiento del sistema.

CAPITULO 3 / Desarrollo metodológico.

3.1 Metodología.

La metodología utilizada que compone los procesos investigativos para la recopilación de información, trabajo de campo y análisis de los resultados empleados para el presente estudio, ha sido determinante para la incorporación de todas las variables en base a los objetivos planteados.

3.1.1 Recopilación de información.

En esta fase se desarrolló preliminarmente la investigación de estudios de carácter socioeconómico, estudios geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, así como la búsqueda de información relacionada en las diversas instituciones de la localidad.

Los aspectos de interés en el ámbito social para el servicio de agua brindado a la población fueron obtenidos mediante la aplicación de una ficha de observación previamente diseñada y aprobada, con el fin de muestrear los niveles de consumo de agua en una vivienda, densidad habitacional, identificación de la composición familiar y nivel de satisfacción por el servicio de agua potable.

Se diseñó una entrevista semiestructurada que se aplicó a los encargados de operar los sistemas para obtener información de los pozos e indicar el trazo de las redes actuales.

De la identificación y verificación realizada a los pozos de abastecimiento actual se incluye datos como: geolocalización, profundidad, nivel estático del agua y nivel de bombeo para obtener un perfil en la línea de impulsión y conducción para cada pozo que abastecen los sectores.

Para la recopilación e investigación de estudios geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos se tomaron de una actualización a las fuentes de agua mediante un estudio geofísico para prospección de aguas subterráneas en la cabecera municipal

realizada por los consultores Mayorga Ingenieros, a fin de conocer como está determinado en el territorio la proveniencia de las fuentes y sus principales rasgos.

Por lo que, del estudio de prospección de aguas subterráneas se analizaron las propuestas y recomendaciones de las zonas probables a perforar pozos con potenciales hidráulicos considerables, el cual en los resultados que se presentaran en el capítulo siguiente se observará la localización de los sondeos eléctricos verticales SEV, empleados para la obtención de lecturas de resistividad. También utilizados para identificar cuerpos de interés hidrogeológico y conocer la disposición de direcciones de flujo de agua subterránea, espesores y geometría de cuerpos en el subsuelo.

En tanto a los estudios de calidad de las fuentes que corresponden al servicio de agua potable del barrio, se obtuvo de la dirección de ETV MINSA Francisco Matamoros los informes de los análisis para conocer las condiciones de calidad que ofrecen para su consumo.

3.1.2 Trabajo de Campo.

Esta fase de reconocimiento y evaluación de los sistemas, se requirió de la realización de los mapas de redes de distribución, ubicación de los tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo, ya que no se contaba esta información.

El trabajo realizado está compuesto por:

- Levantamiento de puntos con GPS modelo **GARMIN etrex 10** para las estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento e interceptación de puntos en calles por donde pasan las redes de distribución.
- Medición y caracterización de los tramos de tuberías por sistema a lo que refiere en (ubicación de la tubería, estado de deterioro, diámetros, material y longitud).
- Medición de diámetros y alturas de los tanques de almacenamiento, descripción de los tipos de tanques, material y capacidad de los mismos.

Debidamente realizado el levantamiento de las redes y ubicación del resto de los componentes, se procesó la información en un archivo CAD y posteriormente exportado a EPANET V 2.0 para simular los sistemas y poder analizarlos.

En los anexos podrán citarse las tablas complementarias de resultados de las tuberías, esquema de conjunto de las redes de distribución y fotografías de cada uno de los elementos de los sistemas.

3.1.3 Análisis de los resultados.

Consistió en el estudio e interpretación de los resultados obtenidos del trabajo de campo que posteriormente se analizaron en gabinete para procesar y ordenar la estructura general del informe y los métodos aplicados de conformidad a los objetivos planteados. Este trabajo se desarrolló de la siguiente manera:

1. Elaboración de los mapas de redes de distribución de agua potable para cada sistema que conforma el funcionamiento del servicio.
2. Levantado de la distribución de lotes y edificaciones actuales, así como el trazado de una proyección de lotificación en lo que le corresponde a la circunscripción del barrio Lomas del Sol, para delimitar en la propuesta de diseño las redes de distribución y líneas de conducción.
3. Simulación y análisis de los sistemas actuales en el software EPANET para comprobar el nivel de funcionalidad de los mismos.
4. Revisión e interpretación de tablas de ubicación de las pruebas de resistividad con los SEV registrados en el estudio geofísico para prospección de agua.
5. Edición de plano de distribución urbana en planos de curvas de nivel para analizar las condiciones topográficas.
6. Ensayo y evaluación del sistema propuesto simulado en EPANET.

3.2 Métodos de cálculo empleado para el análisis y dimensionamiento del sistema propuesto.

3.2.1 Estudio de población.

De la población en objeto de estudio, se conocen aquellas características y particularidades que determinan un dado comportamiento referido al consumo doméstico de agua potable. Ya que no es posible obtener la información requerida de cada uno de los usuarios del servicio, más que todo por términos de tiempo y de gran costo, representativamente se calcula el tamaño de la muestra cuando se conoce el tamaño de la población,

Su expresión matemática es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

Z = Es el valor tabular de Z, según el nivel de confianza que se utilice. Para el presente estudio el nivel de confianza es igual a 95%, el valor de Z correspondiente es = 2

N = 463: es el universo;

p y q = probabilidades complementarias e igual a 0.5

e = Error de estimación aceptable para encuestas, el valor utilizado es del 5%.

El tamaño de muestra calculado para el levantamiento de campo es de 218 fichas. Esta muestra está dirigida al número de viviendas del barrio Lomas del sol.

3.2.2 Proyección de población.

Para fijar la población base en el último año de diseño, la fórmula usada para la proyección de las poblaciones futuras es la que corresponde al método geométrico.

La fórmula se expresa como sigue:

$$P_f = P_i(1 + r)^{n_i}$$

Pf = Población al final del período de diseño.

Pi = Población al inicio del período de diseño.

r = Tasa de crecimiento en el período de diseño expresada en notación decimal.

n = Número de años que comprende el período de diseño.

3.2.3 Parámetros de la línea de conducción.

De acuerdo a la norma NTON 09 003-99 la línea de conducción se dimensiona para la condición del CMD, también debiendo incluir las pérdidas generadas en el sistema y la selección del diámetro más óptimo mediante un análisis de costos equivalente por diámetros propuestos.

Partiendo de la ecuación de la continuidad indica que:

$$Q \left(\frac{m^3}{seg} \right) = V \left(\frac{m}{seg} \right) * A(m^2) \implies V = Q/A$$

Se muestran los coeficientes de rugosidad y la ecuación de cálculo.

$$hf = 10.675 * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} * \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

Donde:

hf = pérdidas por fricción en (m).

Q = caudal en (m³/s)

C = coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams (adimensional)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro de la tubería en (m)

Las pérdidas locales se expresan genéricamente en función de la altura de velocidad en la tubería. En la que la ecuación empleada es la siguiente

$$h_{loc} = k * \frac{v^2}{2g}$$

El cálculo de la sobrepresión o el golpe de ariete está dado por:

$$G.A = \frac{a * V}{g}$$

Donde:

G.A = aceleración de ariete en (m)

a = celeridad en función del diámetro y módulo de elasticidad del material (m/s)

V = velocidad media del agua (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

Donde:

a: Celeridad o velocidad de la onda de compresión (m/s)

D: diámetro de la tubería (m)

e: espesor de los tubos (m)

k: coeficiente módulos de elasticidad (adimensional) $k = \frac{10^{10}}{E}$

E: módulo de elasticidad del material del tubo (adimensional)

Tabla 3-1 / valores de K para hallar la celeridad

Material de la tubería	ε (kg/m ²)	K
Palastros de hierro y acero	$2 \cdot 10^{10}$	0.5
Fundición	10^{10}	1
Hormigón (sin armar)	$2 \cdot 10^9$	5
Fibrocemento	$1.85 \cdot 10^9$	5.5 (5-6)
PVC	$3 \cdot 10^8$	33.3 (20-50)
PE baja densidad	$2 \cdot 10^7$	500
PE alta densidad	$9 \cdot 10^7$	111.11

De lo cual resultará que la carga total dinámica será:

$$CTD = ND + DT + ET + ALL + hf + hl$$

En donde

ND = Nivel dinámico (m).

DT = desnivel topográfico (m).

ET = elevación del tanque, respecto al nivel del terreno (m).

ALL = altura de llenado del tanque (m).

Hf = pérdidas por fricción (m).

Hl = perdidas locales (m).

3.2.4 Dimensionamiento del equipo de bombeo.

$$PB = \frac{CMD * CTD}{3960}$$

PB = potencia de la bomba en (HP)

CMD = caudal máximo diario en (gpm)

CTD = carga total dinámica en (pie)

La potencia del motor se fijará con un $1.15 * PB$.

3.2.5 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Será diseñado para la condición del CPD y de tal modo que satisfaga las presiones mínimas requeridas en la red para determinar si será sobre suelo o elevado y sus dimensiones internas (diámetro y fondo).

$$V = \frac{\pi * D^2 * h}{4} \quad D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * h}}$$

v = volumen del tanque en m³.

D = radio interno del tanque en m

h = altura de fondo del tanque en m (*determinada en la simulación de la red*)

3.2.6 Dimensionamiento de la red de distribución.

Mediante la condición del CMH, se simula la red de distribución en software EPANET para la selección de los diámetros y evaluación de presiones y velocidad.

CAPÍTULO 4 / Cálculos y resultados.

4.1 Periodo de diseño.

El proyecto se diseñó para un período de 20 años, que va del año 2017 al año 2037. Este período se adoptó considerando un promedio de la vida útil de los materiales usados para cada componente del sistema, exceptuando el equipo de bombeo que se diseñó para un período de 10 años, debiendo sustituirlo después de este tiempo por otro equipo que satisfaga la demanda final.

4.2 Estudios Poblacionales y de servicio de agua potable.

De los trabajos realizados en la fase de campo y parte de la información que han sido citadas, se determinó que existe una variación según censo poblacional realizado por el INIDE en relación a la tasa de crecimiento para el Municipio de San Francisco Libre en el período comprendido entre 2,015 al 2,020 es de 0.3% para todo el territorio, mientras que del censo realizado por el estudio socioeconómico del municipio de San Francisco Libre 2014, y la información manejada por el área de ETV MINSA representan 2.5% el crecimiento anual con una densidad habitacional de 5 hab/viv (consultado también con el área de promotoría social y cedulação de la municipalidad).

Se consideró para un mayor nivel de confianza de la información contenida en el estudio a modo práctico ejecutar el conteo de las viviendas actuales, áreas de servicio público, de gestión local y lotificación actual.

La tasa de crecimiento que se manejará para el proyecto desde su inicio hasta el final de su proyección será fijada en un 2.5% del crecimiento anual. Es de mencionar que la tendencia de crecimiento de la población es a porcentaje decreciente, sin embargo, conforme a lo mencionado en el capítulo 2 sección 2.2 ninguna de las poblaciones tendrá una tasa de crecimiento menor a 2.5%.

- La densidad habitacional manejada es de 5 hab/ viv (*Datos proporcionados por el Responsable de ETV MINSA Francisco Matamoras*)

- El parque habitacional se contabiliza en el año 2017 de 463 viviendas.
- La población base en el año 2017 es de 2315 habitantes.

4.3 Caracterización administrativa.

En el siguiente esquema se muestra como están distribuidos los sectores del barrio según los sistemas de abastecimiento de agua:

Ilustración 4-1 / distribución y admón. del servicio de agua potable.

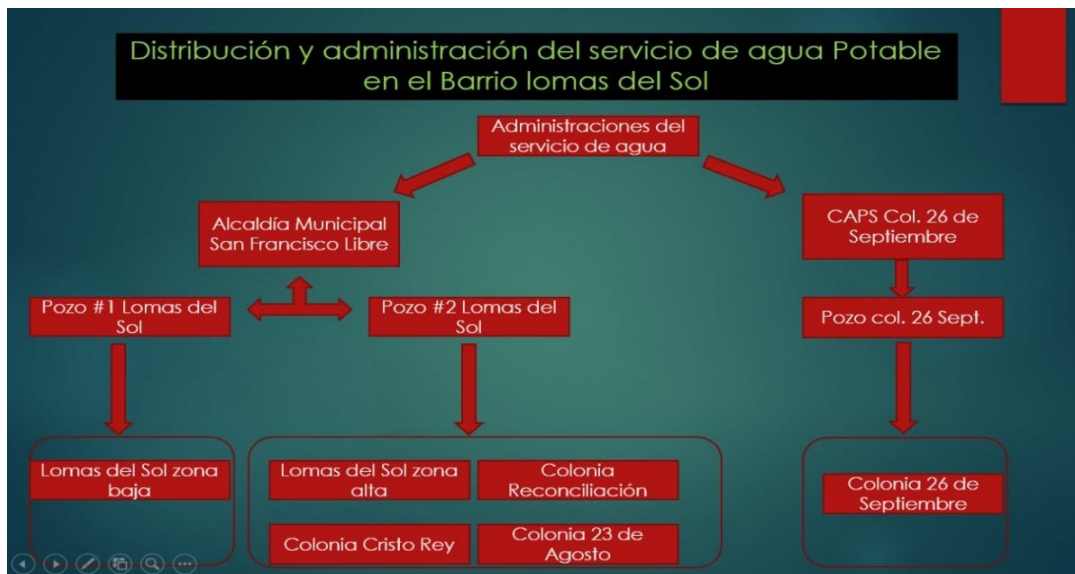


Ilustración 4-2 / ubicación de los sistemas de agua existente.



Tabla 4-1 / localización de los sistemas actuales.

Descripción del Lugar	Coordenadas x	Coordenadas Y	Altura (msnm)
Pozo #1 Lomas del sol AMSFL (estación de bombeo)	576909.30	1382622.07	49.01
Pozo #1 Lomas del sol AMSFL (tanque de almacenamiento)	577108.62	1382851.96	67.05
Pozo #2 Lomas del sol AMSFL (estación de bombeo)	577013.84	1383089.16	83.87
Pozo #2 Lomas del sol AMSFL (tanque de almacenamiento)	576988.34	1383036.67	87.87
Col. 26 de septiembre CAPS (estación de bombeo)	577282.92	1382953.77	77.51
Col. 26 de septiembre CAPS (tanque de almacenamiento)	577226.59	1383417.82	106.91

4.3.1 Descripción de los sistemas de abastecimiento del Barrio Lomas del Sol.

Pozo #1 Lomas del Sol:

Ubicado en la zona baja (planicie) del barrio Lomas del Sol atiende una demanda de 605 habitantes entre hombre y mujeres distribuidos en 121 viviendas. De la información obtenida este sistema se configuraba del tipo FUENTE-TANQUE RED; en vista del aumento de la demanda en la zona, múltiples conexiones ilegales y poco control de regulación de las conexiones domiciliarias, ahora el sistema opera bombeando directamente el caudal contra la red de distribución.

- **Tanque:** tipo metálico y elevado sobre torre de 6 m del nivel del terreno de su ubicación, posee una capacidad de almacenaje de 10,000 gal. Por el desuso y la falta de mantenimiento se ha deteriorado en su mayoría por corrosión. Estructuralmente mantiene integral sus partes por lo que requiere únicamente

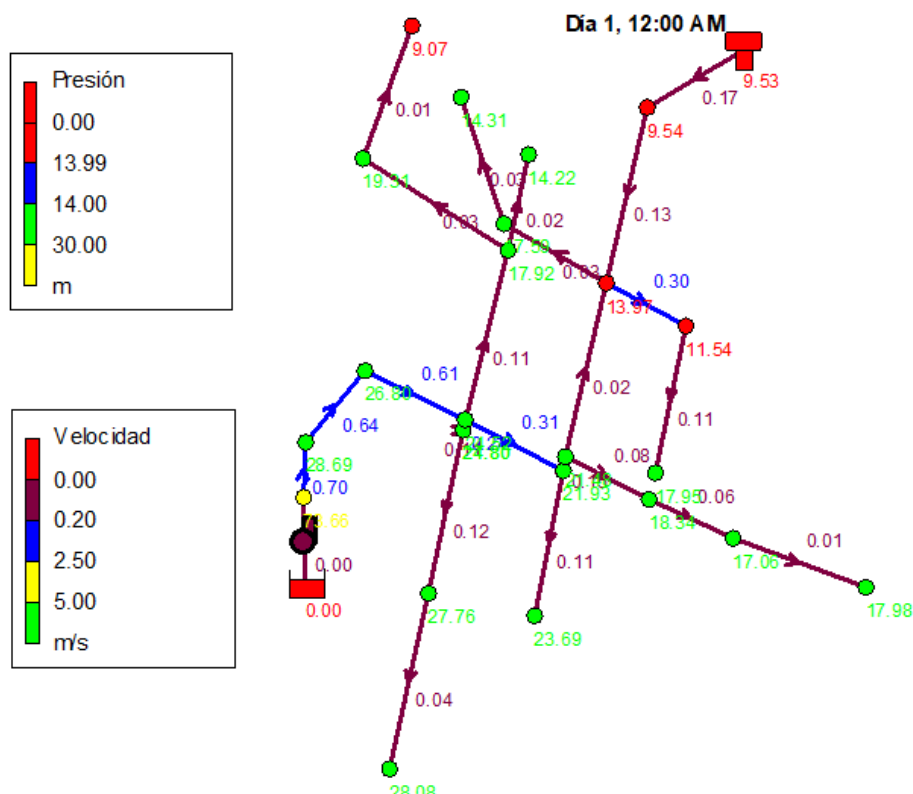
una rehabilitación por limpieza, lavado, remates de soldadura en uniones, pintura general y adaptación en la línea de entradas y salidas para el sistema propuesto.

- **Tuberías:** el tipo de tubería predominante en la red de distribución es de PVC, con diámetro máximo de 2" (50 mm) y mínimo de 1" (25 mm). Con frecuencia las reparaciones de las tuberías se han acentuado más en estos últimos 5 años a causa de que existe una mayor circulación de vehículos pesados ya que las tuberías se encuentran a no más de 0.50 m del nivel de las rasantes de las calles y la edad de las mismas que tienen más de 17 años.
- **Estación y Equipo de bombeo:** consta de una caseta y equipada con una bomba sumergible de 3 hp en 2". El tiempo de operación de la bomba es de 15 horas. La producción del sistema se determinó mediante una prueba de bombeo lo cual resultó de 20 gpm en la entrega.

Ilustración 4-3 / Esquema de la red de distribución.

Sistema de agua potable pozo #1 Lomas del Sol

Page 1



Fuente: levantamiento de campo

Tabla 4-2 / Resultados de análisis de Nodos en la red Pozo #1 Lomas del Sol.

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión n28	51.8	0.013	24.8
Conexión n29	48.8	0.158	27.76
Conexión n30	48.48	0.079	28.08
Conexión n32	62.34	0.039	14.22
Conexión n35	51.8	0.013	24.8
Conexión n36	58.64	0.105	17.92
Conexión n38	50.37	0.053	26.8
Conexión n39	52.09	0.131	24.52
Conexión n40	54.53	0.092	21.93
Conexión n41	54.98	0.092	21.48
Conexión n42	58.11	0.039	18.34
Conexión n43	59.38	0.092	17.06
Conexión n44	58.46	0.026	17.98
Conexión n45	67.02	0.066	9.54
Conexión n47	52.74	0.223	23.69
Conexión n48	57.25	0.053	19.31
Conexión n49	67.49	0.013	9.07
Conexión n50	62.48	0.145	13.97
Conexión n51	64.65	0.092	11.54
Conexión n52	58.17	0.053	17.95
Conexión n53	58.86	0	17.59
Conexión n55	62.14	0.013	14.31
Conexión 3	49.01	0.11	28.69
Conexión 1	4.79	0	73.66

Fuente: Resultados del levantamiento de campo

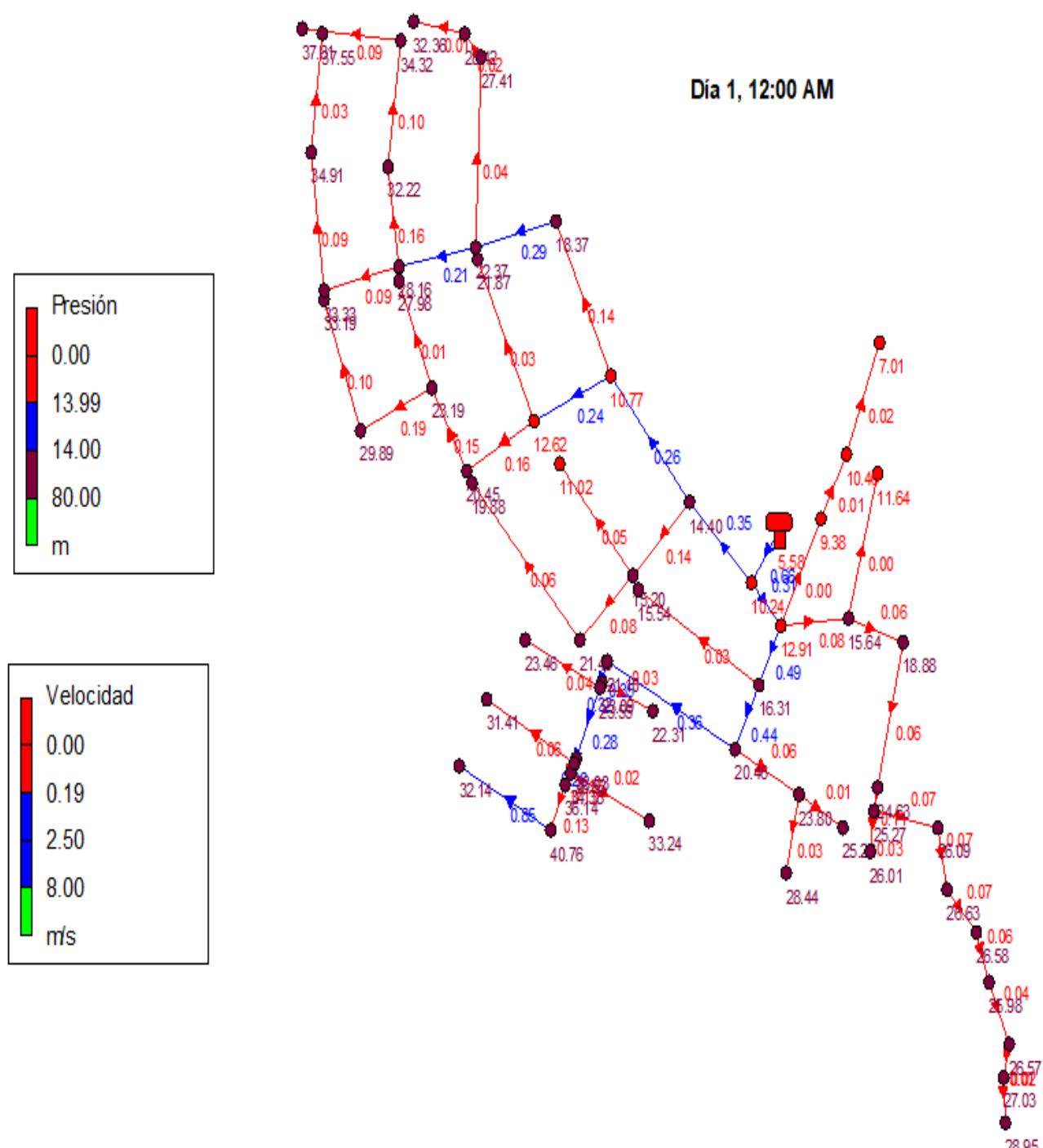
Pozo #2 Lomas del Sol:

El sistema tiene un área de mayor cobertura comparado al anterior con una población de 1270 habitantes distribuidos en 254 viviendas. Su configuración es del tipo FUENTE-TANQUE-RED. Generosamente desde la estación de bombeo está a no menos de 30 m de longitud para llegar al tanque de almacenamiento. Salvo que hay una interceptación de una tubería que va dirigida hacia el Nuevo Colegio Concepción de María lo que disminuye la caudal a la entrada al tanque.

- **Tanque:** tipo metálico sobre suelo de 5.58 m del nivel del terreno de su ubicación, posee una capacidad de almacenaje de 20,000 gal. La falta de limpieza y mantenimiento es un indicador de contaminación por sustancias provenientes de corrosión.
- **Tuberías:** el tipo de tubería encontrada en la red de distribución es de PVC, con diámetro máximo de 3" (75 mm) y mínimo de 1" (25 mm). El presupuesto dirigido es para las sustituciones de tuberías en mal estado.
- **Estación y Equipo de bombeo:** consta de una caseta y equipada con una bomba sumergible de 5 hp en 2". El tiempo de operación de la bomba es de 15 horas. La producción del sistema se determinó mediante una prueba de bombeo lo cual resulto de 32.09 gpm.

Ilustración 4-4 / Esquema de la red de distribución.

Sistema de agua potable Pozo #2 Lomas del Sol



Fuente: levantamiento de campo

Tabla 4-3 / Resultados de análisis de Nodos en la red Pozo #2 Lomas del Sol.

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión n59	71.59	0.035	21.43
Conexión n60	73.13	0.115	19.88
Conexión n61	77.84	0.035	15.2
Conexión n62	82.01	0.092	11.02
Conexión n63	78.67	0.127	14.4
Conexión n64	82.19	0.058	10.77
Conexión n65	74.55	0.046	18.37
Conexión n66	80.23	0.092	12.62
Conexión n67	72.36	0.023	20.45
Conexión n68	69.58	0.069	23.19
Conexión n69	64.79	0.023	27.98
Conexión n70	70.98	0.058	21.87
Conexión n71	62.79	0.092	29.89
Conexión n72	59.45	0.115	33.19
Conexión n75	80.25	0.046	12.91
Conexión n76	77.51	0.092	15.64
Conexión n77	81.51	0.012	11.64
Conexión n78	74.27	0	18.88
Conexión n79	68.47	0.023	24.63
Conexión n80	67.83	0.023	25.27
Conexión n81	67	0	26.09
Conexión n82	66.45	0.012	26.63
Conexión n83	66.5	0.012	26.58
Conexión n84	67.09	0.035	25.98
Conexión n85	66.5	0.035	26.57
Conexión n86	66.04	0.023	27.03
Conexión n87	64.12	0.023	28.95
Conexión n90	72.25	0.035	20.46
Conexión n91	71.23	0.023	21.1
Conexión n92	59.15	0	33.03
Conexión n93	56.03	0	36.14
Conexión n94	51.39	0.15	40.76
Conexión n95	83.78	0	9.38
Conexión n96	82.7	0	10.46
Conexión n97	86.14	0.012	7.01
Conexión n98	57.79	0.023	34.38
Conexión n99	58.93	0.046	33.24
Conexión n101	53.16	0.104	32.14

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión n102	58.65	0.092	33.53
Conexión n103	60.75	0.127	31.41
Conexión n104	69.2	0	23.09
Conexión n105	69.98	0.058	22.31
Conexión n106	68.73	0	23.55
Conexión n107	68.81	0.081	23.46
Conexión n108	82.97	0.023	10.24
Conexión n110	70.41	0.092	22.37
Conexión n111	64.55	0.046	28.16
Conexión n112	59.36	0.081	33.33
Conexión n113	57.75	0.069	34.91
Conexión n114	55.1	0.035	37.55
Conexión n115	60.43	0.058	32.22
Conexión n116	58.29	0.069	34.32
Conexión n117	54.75	0.046	37.81
Conexión n118	65.36	0.023	27.41
Conexión n119	64.35	0.023	28.42
Conexión n120	60.41	0.023	32.36
Conexión n122	67.45	0.012	25.26
Conexión n123	68.91	0.046	23.8
Conexión n124	64.26	0.058	28.44
Conexión n125	67.09	0.058	26.01
Conexión n126	76.61	0.046	16.31
Conexión n127	77.37	0.058	15.54
Conexión 1	83.87	0	10.56
Conexión 3	87.87	0	5.6
Conexión 4	41.15	0	54.13

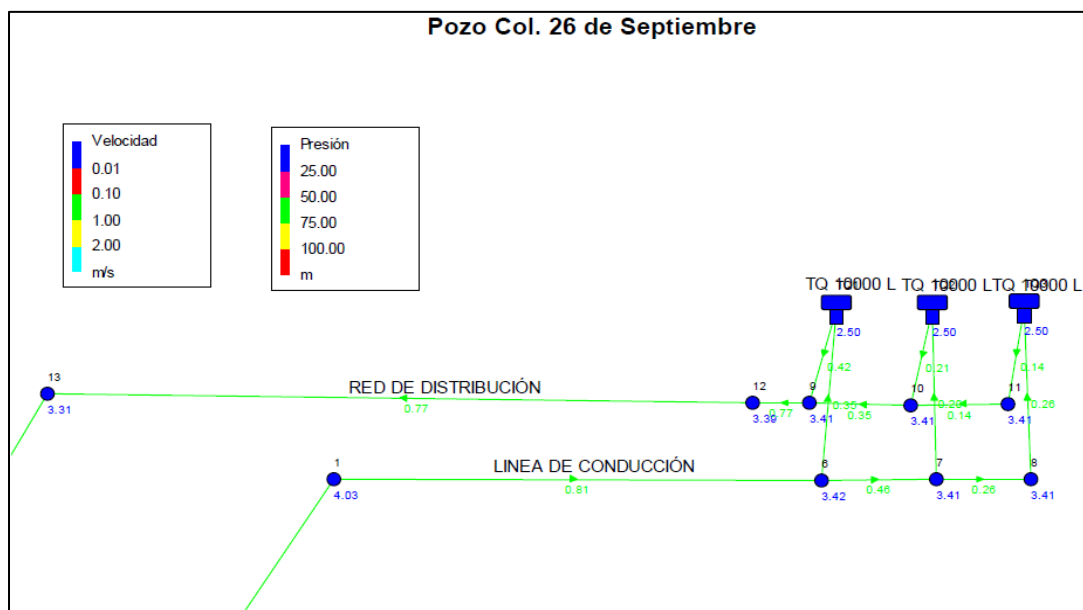
Fuente: Resultados del levantamiento de campo

Sistema de abastecimiento del pozo Col. 26 de septiembre:

Es uno de los sistemas recientemente construido; el tiempo de utilidad que lleva es de 3 años y medios y atiende una población de 440 habitantes distribuidos en 88 viviendas. Exclusivamente el pozo tiene una demanda delimitada por la Colonia 26 de septiembre. Los costos de operación y mantenimiento son asumidos por el CAPS, a excepción del equipo de bombeo que lo ha suministrado la alcaldía municipal por las condiciones económicas y bajas recaudaciones de este comité.

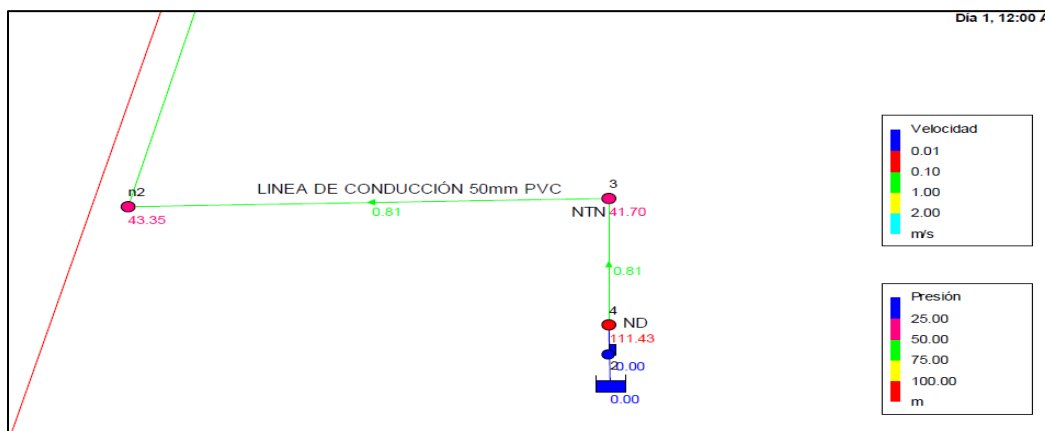
- **Tanque:** 3 unidades tipo plástico tricapa sobre losa de concreto y de 2.5 m de altura de rebose, posee una capacidad de almacenaje de 10,000 litros c/u. el volumen de agua almacenado es entregado en un periodo de 2 horas máximo desde las 5:30 am hasta las 7:30 am
- **Tuberías:** el tipo de tubería encontrada en la red de distribución es de PVC, con diámetro predominante de 2" (50 mm). El presupuesto dirigido es para las sustituciones de tuberías en mal estado.
- **Estación y Equipo de bombeo:** consta de una caseta, equipada con una bomba y motor sumergible de 5 hp en 2". El tiempo de operación de la bomba es de 8 horas para el llenado de los tanques. La producción del sistema se determinó mediante una prueba de bombeo lo cual resultó de 30 gpm a un aforo de 280 pies.

Ilustración 4-5-a / Esquema de línea de entrada y salida a los tanques.



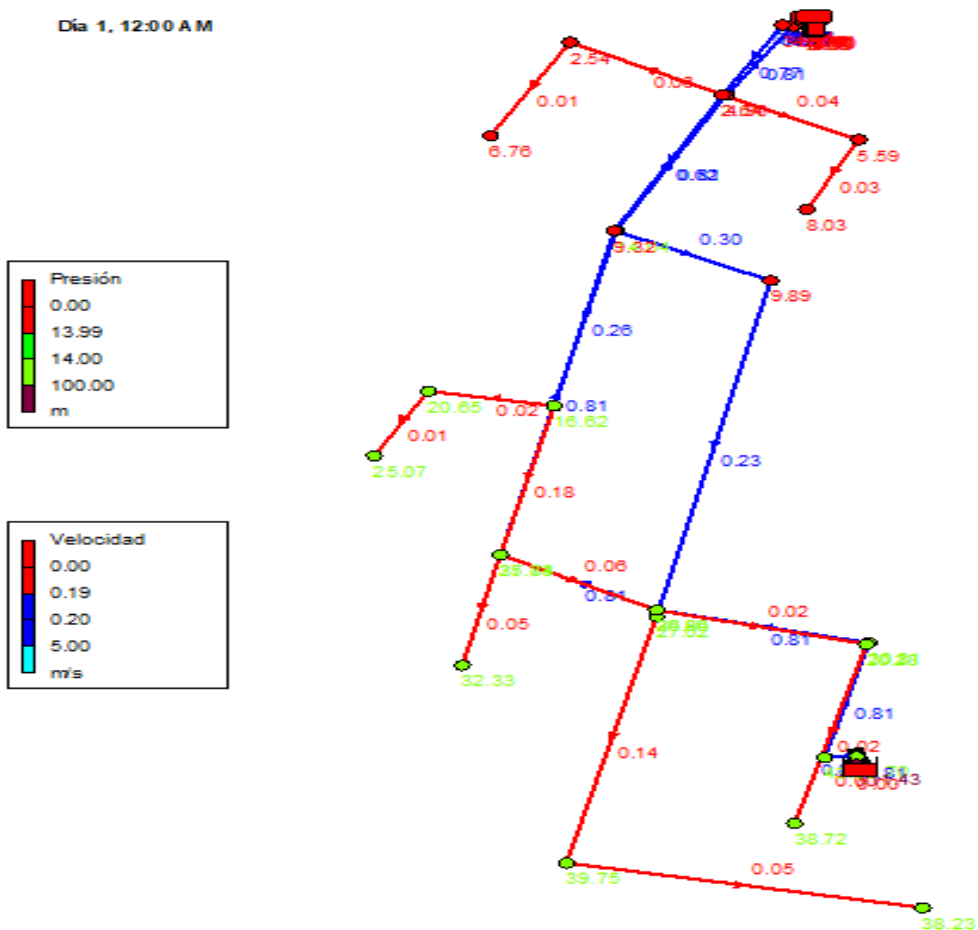
Fuente: levantamiento de campo

Ilustración 4-5-b / Esquema de la estación de bombeo-línea conducción



Fuente: levantamiento de campo

Ilustración 4-5-c / Esquema de red de distribución Colonia 26 de septiembre
Sistema de agua potable Colonia 26 de septiembre



Fuente: levantamiento de campo

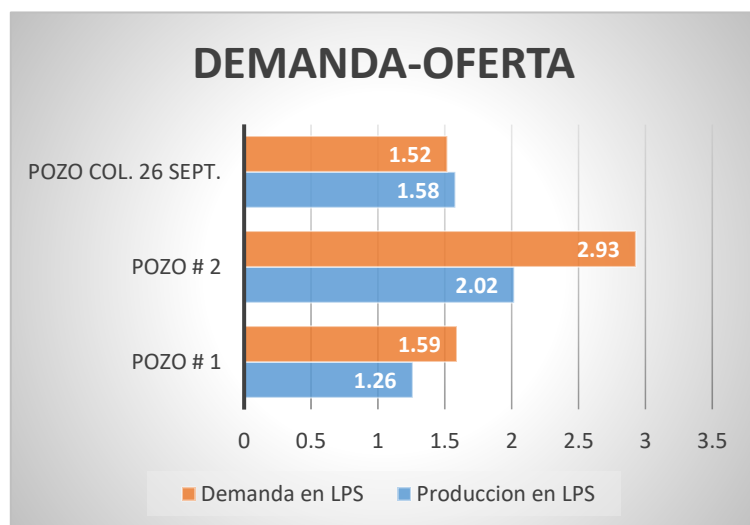
Tabla 4-4 / Resultados de análisis de Nodos, red Colonia 26 de Septiembre.

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión n2	75.65	0	43.35
Conexión n3	87.1	0	30.81
Conexión n4	80.52	0	36.06
Conexión n5	79.66	0	35.84
Conexión n6	98.36	0	14.04
Conexión n7	105.91	0	4.96
Conexión n10	105.91	0.086	2.64
Conexión n11	106	0.104	2.54
Conexión n12	101.78	0.017	6.76
Conexión n13	102.96	0.035	5.59
Conexión n14	100.52	0.052	8.03
Conexión n15	98.36	0.121	9.32
Conexión n16	97.63	0.138	9.89
Conexión n17	80.19	0.173	27.02
Conexión n18	67.37	0.173	39.75
Conexión n19	68.88	0.104	38.23
Conexión n20	90.86	0.138	16.62
Conexión n21	86.83	0.017	20.65
Conexión n22	82.41	0.017	25.07
Conexión n23	79.66	0.121	27.73
Conexión n24	75.06	0.104	32.33
Conexión n25	80.52	0.086	26.86
Conexión n26	87.1	0	20.28
Conexión n27	68.66	0.035	38.72
Conexión 1	106	0	4.03
Conexión 6	106	0	3.42
Conexión 7	106	0	3.41
Conexión 8	106	0	3.41
Conexión 9	106	0	3.41
Conexión 10	106	0	3.41
Conexión 11	106	0	3.41
Conexión 12	106	0	3.39
Conexión 13	106	0	3.31
Conexión 3	77.51	0	41.7
Conexión 4	9.54	0	111.43

Fuente: Resultados del levantamiento de campo

4.3.2 Análisis de la oferta y la demanda.

En una perspectiva de evaluación se analizó el comportamiento o la brecha entre la



demanda y la oferta actual que se muestra en el siguiente gráfico. Como se puede apreciar en el grafico el sistema que aun cumple con la demanda es la fuente del pozo de la colonia 26 de septiembre. Pero es de mencionar que la capacidad de esta fuente en términos

aproximados de 3 a 5 años, la demanda igualará a la producción del mismo, quedando en un estado límite de su capacidad.

4.3.3 Calculo de la proyección

Sustituyendo la ecuación de proyección de población

$$P_0 = 2315 (1+2.5\%)^{20}$$

Por lo que se obtiene un total de 3793 habitantes como demanda en el último año estimado.

Tabla 4-5 / Proyección de población por quinquenio

AÑO	Tasa Crec.	N° de años	Po	Pf
2017	2.5%	0	2315	2315
2022	2.5%	5	2315	2619
2027	2.5%	10	2619	2963
2032	2.5%	15	2963	3353
2037	2.5%	20	3353	3793

4.3.4 Determinación de la dotación y niveles de consumo.

La dotación considerada en base a las normas NTON 09 003-99 se manejará un consumo de 75 l/hab-día ó 20 gal/hab-día.

4.3.4.1 Caudal de consumo Doméstico.

Como resultado será del producto de la cantidad de pobladores que se espera atender en el último año del periodo de diseño por la dotación per cápita. De lo que se obtiene que el consumo doméstico promedio diario anual será de 284,475 lpd:

Tabla 4-6 / Consumo doméstico al final del periodo de diseño.

Años	Periodo	Población	Dotación	Q promedio		
			lpd	lpd	gpd	m³/d
0	2017	2,315	75	173,625	45,872	173.63
5	2022	2,619	75	196,425	51,896	196.43
10	2027	2,963	75	222,225	58,712	222.23
15	2032	3,353	75	251,475	66,440	251.48
20	2037	3,793	75	284,475	75,159	284.48

4.3.4.2 Caudal de pérdidas en la red.

Esto constituye lo que se conoce como fugas y/o desperdicio en el sistema. Será el 20% de caudal domestico diario: 15,032 gpd; 56,895 lpd, 56.90 m³/d.

Tabla 4-7 / caudal de pérdidas en la red.

Años	Periodo	Población	Q perdidas en la red 20% * CPD		
			lpd	gpd	m³/d
0	2017	2,315	34,725	9,174	34.73
5	2022	2,619	39,285	10,379	39.29
10	2027	2,963	44,445	11,742	44.45
15	2032	3,353	50,295	13,288	50.30
20	2037	3,793	56,895	15,032	56.90

4.3.4.3 Caudal comercial, industrial y público.

A cada nodo de la red de distribución se le asignó dentro de los cálculos para la proyección, un factor de 7% del CPD demandado en el nodo, que representa el

caudal de consumo público e institucional. (***Ver en anexo tabla de cálculos hidráulicos del sistema propuesto***)

4.3.4.4 Caudal promedio diario total.

Será la resultante de la suma del caudal de consumo doméstico más el caudal de pérdidas en la red en el último año del periodo de diseño.

$$\text{CPDT} = 284,475 + 56,895$$

$$\text{CPDT} = 341,370 \text{ lpd} \approx 90,190 \text{ gpd} \approx 341.37 \text{ m}^3/\text{d}$$

4.3.5 Factores de máxima demanda

4.3.5.1 FMD:

Definido como el día en el que será de mayor consumo este factor debe ser satisfecho a fin no presentar ningún caudal deficitario. Por lo tanto, este valor ha permitido establecer una constante relacionada con el caudal de diseño que es del 150% del caudal promedio diario más el caudal de pérdidas en la red.

$$\text{CMD} = (284,475 * 1.5) + 56,895$$

$$\text{CMD} = 483,608 \text{ lpd} \approx 127,770 \text{ gpd} \approx 483.61 \text{ m}^3/\text{d}$$

4.3.5.2 FMH:

Durante un día cualquiera, los consumos de agua de una localidad presentarán variaciones hora a hora. Según las normas de diseño el CMH =250% del caudal promedio diario más el caudal de pérdidas en la red.

$$\text{CMH} = (284,475 * 2.5) + 56,895$$

$$\text{CMH} = 768,083 \text{ lpd} \approx 202,928 \text{ gpd} \approx 768.08 \text{ m}^3/\text{d}$$

4.4 Fuente de abastecimiento y Obras de captación.

En la zona baja o zona de descarga, de acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones geofísicas, en el área de la cabecera municipal, se presentan moderados a altos potenciales de agua subterránea, lo que se traduce en términos hidráulicos en media a alta permeabilidad y porosidad del medio hidrogeológico. Por

tanto, los caudales esperados en cualquier pozo que se perfora en dicha área, superaría los 100 gpm, siempre y cuando se ubique fuera de las zonas de las rocas terciarias. El mayor dominio de producción de agua estaría entre los 70 - 100 gpm (galones por minuto).

La profundidad máxima a perforar sería de 100 metros, aunque a partir de los primeros 50 metros, se espera que el rendimiento hidráulico sea de moderado a alto. A mayor profundidad se espera un mayor rendimiento¹.

La captación de la fuente estará localizada en el casco urbano en propiedad del señor Rosario Ordoñez, el cual deberá de comprender un área para protección de la fuente de 1 mz. Por lo que la municipalidad deberá conceder a fin de mantener la propuesta de diseño sin variantes que afecten la funcionalidad, capacidad y sobre todo la seguridad.

Esta zona deberá de estar protegida de cualquier actividad humana que pueda incidir en la calidad.

Deberá ser accesible en cualquier momento o estación del año para que permita realizar las operaciones correspondientes al sistema de bombeo. Para lo que se deberá de contemplar el acceso al sitio que comunicará desde la calle hacia el sitio propuesto en perforación aproximadamente a una distancia de 60 m.

El tipo de energía con la que se cuenta en la zona es tipo monofásica y la perforación estará a una distancia máxima de 1200 m del tanque de almacenamiento en la cota de mayor elevación donde será bombeada el agua.

4.5 Red de distribución.

Como margen de seguridad optado y viabilidad económica se hará reutilización de un 80% de la tubería existente de dos pulgadas del sistema de la colonia 26 de

¹ Estudio geofísico para prospección de agua subterránea/Mayorga Ingenieros consultores

septiembre y del pozo #1 Lomas del Sol, las que serán adaptadas al nuevo sistema de red, asimismo, se removerá la línea de conducción del primer pozo mencionado que cuenta con el mismo diámetro y bajo estado de deterioro para ser instalada en el resto de los tramos de tuberías propuesto que se indican en los planos de red de distribución. Esto garantizará una disminución en los costos de la obra y por lo tanto se mostrará únicamente en el presupuesto la cantidad de tuberías a comprar.

El resto de tubería existente deberá ser reemplazada conforme a los diámetros mostrados en el plano de red, ya que no garantiza que por el tiempo de utilidad de las actuales satisfaga las condiciones a las que será sometida.

Las longitudes de tuberías correspondientes a lo existente son de:

1950 m de tubería PVC 2" (sistema Colonia 26 de septiembre)

1106 m de tubería PVC 2" (sistema pozo #1 Lomas del Sol).

Para un total de 3056 m de tubería.

Dado que la población se encuentra situada en un terreno caracterizado por dos zonas (planicies en la parte baja, y cerros de la zona alta), la tributación para concentrar los caudales demandando en los nodos se empleó en términos más prácticos la conexión de la vivienda al nodo más cercano en la red.

Como influencia sobre este método adoptado es la irregularidad del terreno y la densificación irregular de lotes, es decir, en los nodos de la red algunos concentran mayores caudales y en otros no.

Cabe señalar que la velocidad estará en función del caudal demandado que se concentre en los nodos. Por lo que se observaran velocidades menores de los 0.60 m/s que sugiere la normativa.

La red de distribución estará compuesta por 12,007.77 m de tubería PVC, estandarizada con cedula **Tubo SDR 26, 11 Kg/cm²**. El análisis empleado fue bajo

un régimen permanente y de constante dotación considerando a como lo indica la norma el caudal máximo horario es el que demandará la red a los tanques de almacenamiento.

La presión máxima dada en la red de distribución es de 53.74 mca. En toda la red de distribución se usará tubería de PVC SDR 26, la cual tendrá la capacidad de soportar hasta 11 kg/cm².

Los diámetros estarán dados de la siguiente manera y conforme al plano de red

- a. 9340.73 m de tubería PVC 2" (50 mm) – 3056 m = 6,284.73 m
- b. 1387.69 m de tubería PVC 3" (75 mm)
- c. 837.11 m de tubería PVC 4" (100 mm)
- d. 442.24 m de tubería PVC 6" (150 mm)

Se dotarán de accesorios en cada tramo donde haya cambio de dirección del flujo, tal como las intersecciones, cambios de diámetros, sean estos, codos, uniones, reductores de diámetro, cruz, Te y válvulas de pase para dividir o aislar la red en caso de que en algunos de los puntos se deba realizar mantenimiento, limpieza o reparaciones para no afectar el suministro al resto de los sectores.

Tomando en cuenta con las condiciones mínimas de diseño y características de la zona el tipo de red se ha conformado por una combinación de ramales abiertos y en ciertos sectores circuitos cerrados que permiten cubrir y llegar a la mayoría de las viviendas siguiendo un orden topográfico sobre las calles, es decir, que cada tramo de tubería inicia en una cota mayor hacia una menor permitiendo transportar el flujo con pendiente descendente y a favor, por tanto no es posible por las características propias del lugar crear circuitos o redes cerradas completamente.

Las tuberías en el plano identificadas como P14, P15, P16, P17, P18, P27, P28 y P29 corresponden directamente a la interconexión de los tanques de

almacenamiento, ya que para el llenado de los mismos serán abastecidos del tanque principal propuesto en la cota de mayor elevación del lugar con 106.91 msnm.

Con la propuesta de red las mayores velocidades dadas son de 2.09 a 4.18 m/s pertenecientes a las de interconexión de tanques. Para los tramos de la red de distribución cumple de manera predominante la presión en los nodos, puesto a que las velocidades por debajo de las mínimas están en función del caudal a transportar

Los nodos, N14, N15, N16, N17 y N27 son los que conectan estos tramos de tubería donde presentan presiones de 11.26 mca mínimo y de 13.20 mca como máximo, los nodos N7 y N98 presenta presión mínima de 9.43 hasta 9.59 mca, esto se debe a que los nodos cercanos de los tanques de almacenamiento y la viabilidad económica de los diámetros de tuberías a utilizar, pudiendo aumentar las secciones de las tuberías aumentaría las presiones y proporcionalmente reduciría la velocidad. Ante esta circunstancia se ensayaron por tanteo los análisis bajo los términos de velocidades y presiones variando los diámetros más idóneos para cumplir en su mayoría con los más aproximados a los recomendados en las normas.

Es de considerar que las velocidades forman parte de los parámetros de diseño de las tuberías, en el informe de resultados de los análisis empleados al sistema propuesto se encontrara que la mayoría de la red de distribución presenta velocidades bajas pero que se asume que no presentarán problemas comúnmente como la acumulación de sedimentos por lo que se deberá contemplara la instalación de válvulas de limpieza que permitirán mitigar dicho efecto.

La mayoría de la red de distribución se constituye de tubería con diámetros de dos pulgadas (50 mm) ofreciendo velocidades mínimas de 0.01 m/s, pero sobre evaluando las condiciones de diseño el parámetro de presión cumple en todos los puntos de la red con valores que varían de 9.43 m en los nodos cercanos a los tanques y de 14.00 mca hasta a 53.83 mca en los nodos concentrados.

Ilustración 4-6 / Esquema de red de distribución propuesta condición CMH

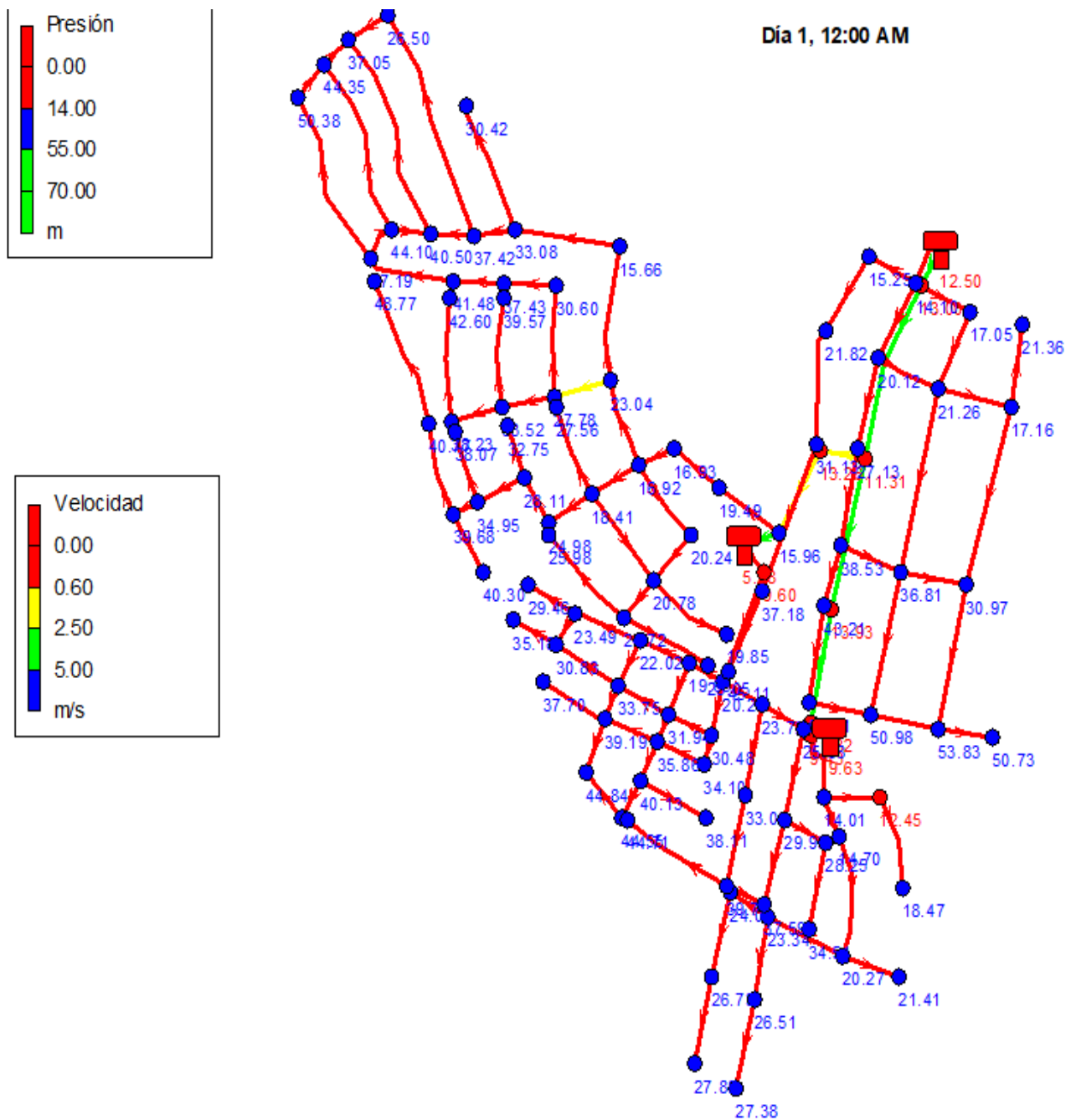


Tabla 4-8 / informe de nodos del sistema propuesta condición CMH.

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N1	48.277	0.11	27.38
Conexión N2	47.777	0.10	27.85

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N3	49.161	0.11	26.51
Conexión N4	48.907	0.11	26.73
Conexión N5	52.369	0.12	23.34
Conexión N6	51.611	0.10	24.06
Conexión N7	67.370	0.00	9.43
Conexión N8	62.776	0.02	14.01
Conexión N9	61.826	0.08	14.70
Conexión N10	55.704	0.10	20.27
Conexión N11	64.322	0.07	12.45
Conexión N12	58.301	0.05	18.47
Conexión N13	54.562	0.05	21.41
Conexión N14	102.900	0.00	13.00
Conexión N15	91.968	0.00	11.31
Conexión N16	75.321	0.00	13.93
Conexión N17	67.690	0.00	11.32
Conexión N18	65.180	0.08	53.83
Conexión N19	88.074	0.11	30.97
Conexión N20	101.958	0.10	17.16
Conexión N21	68.036	0.17	50.98
Conexión N22	82.236	0.19	36.81
Conexión N23	97.946	0.17	21.26
Conexión N24	68.280	0.06	50.73
Conexión N25	102.291	0.10	17.05
Conexión N26	97.752	0.05	21.36
Conexión N27	88.695	0.00	13.26
Conexión N28	83.533	0.00	15.96
Conexión N29	105.261	0.10	14.10
Conexión N30	104.100	0.08	15.25
Conexión N31	97.443	0.10	21.82
Conexión N32	99.171	0.10	20.12
Conexión N33	72.611	0.04	20.28
Conexión N34	62.230	0.05	30.48
Conexión N35	58.590	0.12	34.10
Conexión N36	73.114	0.05	19.63
Conexión N37	60.745	0.08	31.94
Conexión N38	56.810	0.11	35.86
Conexión N39	52.529	0.05	40.13
Conexión N40	54.539	0.08	38.11
Conexión N41	48.110	0.04	44.55

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N42	70.651	0.07	22.02
Conexión N43	58.907	0.14	33.75
Conexión N44	53.468	0.12	39.19
Conexión N45	47.818	0.06	44.84
Conexión N46	69.162	0.08	23.49
Conexión N47	61.825	0.11	30.83
Conexión N48	63.194	0.05	29.46
Conexión N49	57.474	0.04	35.18
Conexión N50	54.949	0.11	37.70
Conexión N51	69.125	0.12	23.72
Conexión N52	67.456	0.06	25.38
Conexión N53	59.838	0.14	33.00
Conexión N54	62.899	0.13	29.93
Conexión N55	64.580	0.08	28.25
Conexión N56	58.320	0.07	34.51
Conexión N57	55.242	0.10	37.59
Conexión N58	53.060	0.10	39.77
Conexión N59	48.121	0.06	44.71
Conexión N60	70.248	0.16	26.50
Conexión N61	59.700	0.20	37.05
Conexión N62	52.400	0.16	44.35
Conexión N63	46.375	0.07	50.38
Conexión N64	66.564	0.07	30.42
Conexión N65	63.907	0.12	33.08
Conexión N66	59.398	0.22	37.42
Conexión N67	56.271	0.23	40.50
Conexión N68	52.674	0.18	44.10
Conexión N69	49.616	0.13	47.19
Conexión N70	81.997	0.06	15.66
Conexión N71	75.547	0.07	23.04
Conexión N72	70.176	0.10	27.78
Conexión N73	64.379	0.08	33.52
Conexión N74	59.653	0.06	38.23
Conexión N75	57.387	0.11	40.77
Conexión N76	66.880	0.07	30.60
Conexión N77	59.844	0.04	37.43
Conexión N78	55.608	0.04	41.48
Conexión N79	70.239	0.05	28.11
Conexión N80	63.294	0.10	34.95

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N81	58.531	0.04	39.68
Conexión N82	82.049	0.11	16.92
Conexión N83	80.262	0.12	18.41
Conexión N84	73.518	0.05	24.98
Conexión N85	82.166	0.02	16.93
Conexión N86	79.774	0.04	19.49
Conexión N87	78.518	0.13	20.24
Conexión N88	77.896	0.17	20.78
Conexión N89	73.937	0.07	24.72
Conexión N90	78.823	0.06	19.85
Conexión N91	58.321	0.10	39.57
Conexión N92	55.276	0.11	42.60
Conexión N93	49.353	0.16	48.77
Conexión N94	71.110	0.08	27.56
Conexión N95	57.918	0.04	40.30
Conexión N96	72.670	0.07	25.98
Conexión N97	73.597	0.06	25.05
Conexión N98	83.813	0.00	9.60
Conexión N99	88.066	0.08	31.13
Conexión N100	81.982	0.12	37.18
Conexión N101	74.047	0.05	45.11
Conexión N102	92.006	0.11	27.13
Conexión N103	80.512	0.11	38.53
Conexión N104	75.816	0.06	43.21
Conexión N105	68.804	0.10	50.21
Conexión N106	65.605	0.05	32.75
Conexión N107	60.171	0.06	38.07

Análisis de la red bajo la condición de cero consumo.

Para dicha condición de análisis de la red, se evaluó el sistema sometiendo a los nodos a verificar la presión máxima estática que podría generarse en la red, para esto se modifica la red quitando los valores de la demanda base a una expresión encero, a la vez elevando el nivel inicial del tanque hasta la altura de rebose.

En base a los criterios de diseño, la presión máxima en la red no debe sobre pasar los 50 mca, no así para los nodos N18, N21, N24, N63,N 69, N93 y N105, que oscilan de 51.50 mca hasta una presión máxima de 56.73 mca bajo esta condición.

Ya que es característico de la zona poseer rasgos endógenos positivos (cerros) estos nodos se encuentran en puntos alejados y en zonas bajas de la red en referencia a la ubicación del tanque de almacenamiento,

Si bien la resistencia o presión que soporta una tubería SDR 26, equivalente a 11kg/cm² o bien 110 mca, se considera que las presiones máximas que representan un 51.57% de la capacidad de la tubería no generará mayor presión que la antes indicada, por lo tanto, modificar los tramos que conectan estos nodos con tuberías de mayor capacidad repercute a un mayor costo de la obra.

Tabla 4-9 / informe de nodos del sistema propuesto condición CMH.

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N1	48.277	0	28.53
Conexión N2	47.777	0	29.03
Conexión N3	49.161	0	27.65
Conexión N4	48.907	0	27.9
Conexión N5	52.369	0	24.44
Conexión N6	51.611	0	25.2
Conexión N7	67.37	0	9.44
Conexión N8	62.776	0	14.03
Conexión N9	61.826	0	14.98
Conexión N10	55.704	0	21.11
Conexión N11	64.322	0	12.49
Conexión N12	58.301	0	18.51
Conexión N13	54.562	0	22.25
Conexión N14	102.9	0	15.34
Conexión N15	91.968	0	13.06
Conexión N16	75.321	0	14.75
Conexión N17	67.69	0	11.47
Conexión N18	65.18	0	56.73
Conexión N19	88.074	0	33.84
Conexión N20	101.958	0	19.95

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N21	68.036	0	53.87
Conexión N22	82.236	0	39.67
Conexión N23	97.946	0	23.96
Conexión N24	68.28	0	53.63
Conexión N25	102.291	0	19.62
Conexión N26	97.752	0	24.16
Conexión N27	88.695	0	14.96
Conexión N28	83.533	0	17.58
Conexión N29	105.261	0	16.65
Conexión N30	104.1	0	17.81
Conexión N31	97.443	0	24.47
Conexión N32	99.171	0	22.74
Conexión N33	72.611	0	20.84
Conexión N34	62.23	0	31.22
Conexión N35	58.59	0	34.86
Conexión N36	73.114	0	20.34
Conexión N37	60.745	0	32.7
Conexión N38	56.81	0	36.64
Conexión N39	52.529	0	40.92
Conexión N40	54.539	0	38.91
Conexión N41	48.11	0	45.34
Conexión N42	70.651	0	22.8
Conexión N43	58.907	0	34.54
Conexión N44	53.468	0	39.98
Conexión N45	47.818	0	45.63
Conexión N46	69.162	0	24.29
Conexión N47	61.825	0	31.62
Conexión N48	63.194	0	30.26
Conexión N49	57.474	0	35.98
Conexión N50	54.949	0	38.5
Conexión N51	69.125	0	24.32
Conexión N52	67.456	0	25.99
Conexión N53	59.838	0	33.61
Conexión N54	62.899	0	30.55
Conexión N55	64.58	0	28.87
Conexión N56	58.32	0	35.13
Conexión N57	55.242	0	38.21
Conexión N58	53.06	0	40.39
Conexión N59	48.121	0	45.33
Conexión N60	70.248	0	30.86

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N61	59.7	0	41.41
Conexión N62	52.4	0	48.71
Conexión N63	46.375	0	54.74
Conexión N64	66.564	0	34.55
Conexión N65	63.907	0	37.2
Conexión N66	59.398	0	41.71
Conexión N67	56.271	0	44.84
Conexión N68	52.674	0	48.44
Conexión N69	49.616	0	51.5
Conexión N70	81.997	0	19.11
Conexión N71	75.547	0	25.56
Conexión N72	70.176	0	30.94
Conexión N73	64.379	0	36.73
Conexión N74	59.653	0	41.46
Conexión N75	57.387	0	43.72
Conexión N76	66.88	0	34.23
Conexión N77	59.844	0	41.27
Conexión N78	55.608	0	45.5
Conexión N79	70.239	0	30.87
Conexión N80	63.294	0	37.82
Conexión N81	58.531	0	42.58
Conexión N82	82.049	0	19.06
Conexión N83	80.262	0	20.85
Conexión N84	73.518	0	27.59
Conexión N85	82.166	0	18.95
Conexión N86	79.774	0	21.34
Conexión N87	78.518	0	22.59
Conexión N88	77.896	0	23.22
Conexión N89	73.937	0	27.17
Conexión N90	78.823	0	22.29
Conexión N91	58.321	0	42.79
Conexión N92	55.276	0	45.84
Conexión N93	49.353	0	51.76
Conexión N94	71.11	0	30
Conexión N95	57.918	0	43.19
Conexión N96	72.67	0	28.44
Conexión N97	73.597	0	27.51
Conexión N98	83.813	0	9.64
Conexión N99	88.066	0	33.84
Conexión N100	81.982	0	39.93

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N101	74.047	0	47.86
Conexión N102	92.006	0	29.9
Conexión N103	80.512	0	41.4
Conexión N104	75.816	0	46.09
Conexión N105	68.804	0	53.11
Conexión N106	65.605	0	35.51
Conexión N107	60.171	0	40.94

4.6 Tanque de almacenamiento.

El componente de almacenamiento se ha diseñado tomando en cuenta los sistemas de abastecimiento actual y a continuación, se detallan:

Como tal se ha apreciado los sistemas existentes que cuenta con 3 estaciones de almacenamiento; dos de ellos serán reutilizados:

El tanque de almacenamiento que corresponde actualmente al pozo #1 Lomas del sol. Tiene una capacidad de almacenamiento de 10,000 gal. Este deberá de rehabilitarse y tratarlo inicialmente con una limpieza utilizando equipos sand blasting que permitirán liberar la corrosión de las paredes internas del tanque, pintura así mismo se le harán adaptaciones con los accesorios necesarios para su uso, tales como válvula de compuerta en la entrada y salida del tanque.

El tanque de almacenamiento correspondiendo al pozo #2 Lomas del Sol. Actualmente está siendo usado, pero nunca se le ha realizado su debido mantenimiento. Este tiene la capacidad de almacenar la cantidad de 20,000 gal.

La diferencia entre el tanque del pozo #1 es elevado con una torre estructural, y el otro es un tanque sobre suelo postrado en una losa de concreto reforzado. A tales condiciones se han ensayado las presiones mínimas con las condiciones permanentes de estas estructuras tales como (diámetro, altura de fondo y posición con respecto al nivel del suelo)

Ambos serán modificados con sus diámetros de entrada y salida hacia la red de distribución debiendo obedecer estrictamente el diámetro de las tuberías que se reflejan en los planos.

Es de mencionar que estos dos tanques son el complemento de almacenamiento total para la demanda máxima diaria. De tal manera que en los cálculos reflejados son consideradas estas condiciones. La única estación de almacenamiento que no se utilizara es la batería de 3 tanques de almacenamiento con capacidad de 10,000 litros c/u. por ser tanques que actualmente trabajan para una demanda concentrada de su misma capacidad, es decir, ultra delimitados por sus características.

Es por eso que el mayor volumen a almacenar será mediante un tanque metálico y elevado, que de acuerdo a los ensayos de la red se describen su dimensionamiento y capacidad requerida para almacenar la cantidad de agua total para el último año y final de diseño.

La capacidad de almacenamiento es equivalente al consumo promedio diario. Incluyendo los 2 tanques de almacenamiento existente la capacidad final para el tanque principal será la diferencia:

$$90,191 - 30,000 = 60,191 \text{ galones}$$

Será elevado sobre una torre de 10 m de altura para proporcionar las presiones mínimas en todos los puntos de la red que demandaran el caudal máximo horario. Las dimensiones internas del cilindro serán de 7.62 m de diámetro y 5 m de altura máxima de llenado para almacenar 60,191 gal. La cota de elevación del terreno sobre la que estará situado es de 106.91 msnm.

4.7 Línea de conducción.

Se establece la línea de conducción como el elemento que conducirá el caudal extraído desde la fuente de abastecimiento hasta el tanque de almacenamiento

principal. El diámetro seleccionado será el que cumplirá con transportar el caudal año con año hasta el final de su periodo de diseño.

Tabla 4-10 / Datos de perfil propuesto para dimensionar equipo de bombeo

Datos	Unidad de medición	cantidad
Long. Columna de bombeo	m	94
Ø tubería de impulsión y/o bombeo	Pulg.	6.00
Long. de la línea de conducción	m	1013.90
Altura de la torre del tanque	m	10.00
Caudal máximo diario	lps	5.60
Caudal máximo horario	lps	8.89
Altura de llenado del tanque	m	5.00
Nivel dinámico y de bombeo	m	94.00
Desnivel topográfico	m	57.02
Nivel del terreno del pozo	msnm	49.89
Nivel del terreno del tanque	msnm	106.91
Profundidad de perforación	pies	328.08

4.7.1 Calculando el diámetro económico para la línea de conducción.

$$D = 0.9 * (5.60/1000)^{0.45}$$

$$D = 0.09 \text{ m: } 8.73 \text{ cm, } 3.44'' = 4''.$$

Tabla 4-11 / análisis de costo de diámetro de la línea de conducción

Datos	U/M	Diámetros propuestos		
		2" -50mm	3"-75	4"-100
- Caudal	m³/s	0.0056	0.0056	0.0056
- Coeficiente de rugosidad	adim.	150.000	150.000	150.000
- Tiempo de bombeo	hrs	16.000	16.000	16.000
- Pérdidas en las succiones	m	4.700	4.700	4.700
- Pérdidas en la descarga	m	172.779	23.984	5.908
- Carga total dinámica	m	346.046	196.353	178.126
- Carga total dinámica	pies	1135.321	644.204	584.404
- Potencia hidráulica de la bomba	Hp	25.451	14.441	13.101

Datos	U/M	Diámetros propuestos		
		2" -50mm	3"-75	4"-100
- Potencia de la moto bomba	hp	29.268	16.607	15.066
- Factor de conversión a kw	adim.	0.746	0.746	0.746
- Potencia del motor	kw	21.825	12.384	11.234
- Energía consumida en un año de operación	kw-hr	127459.401	72322.984	65609.451
- Costo del kw-hr	C\$	C\$6.94	C\$6.94	C\$6.94
- Costo anual de energía	C\$/año	C\$884,568.24	C\$501,921.51	C\$455,329.59

(nota: los costos de kw-hr fueron tomados como base el costo actual en el 2017

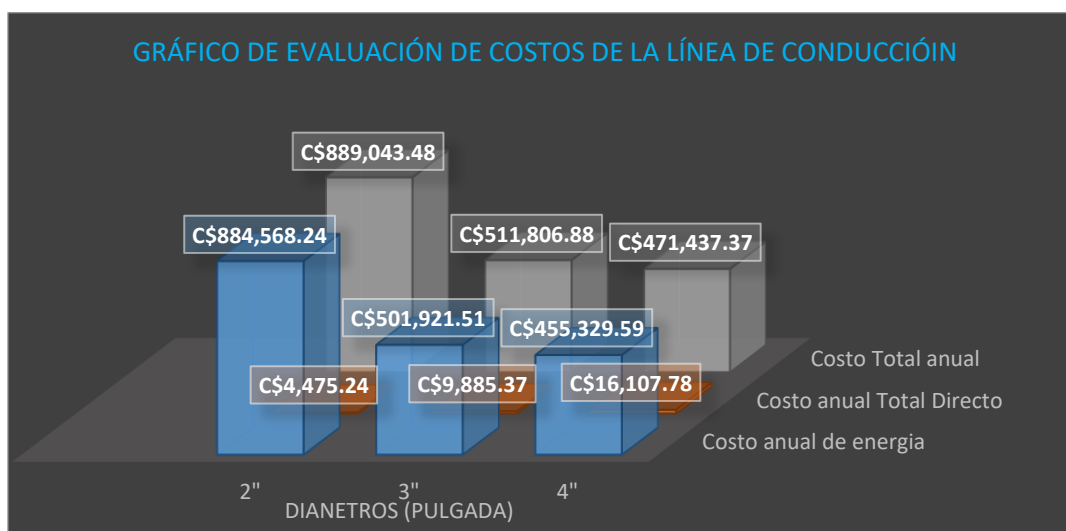
según registro de pagos por el área de finanzas de la municipalidad).

Tabla 4-12 / Costo de tubería e instalación

Diámetro (pulg)	Costo tubería C\$/tubo	Costo unit instalación/tubo	Costo Unit. Total	N° de tubos 6m	Costo Total directo
2.000	C\$335.80	C\$117.53	C\$453.33	197	C\$89,504.72
3.000	C\$741.75	C\$259.61	C\$1,001.36	197	C\$197,707.34
4.000	C\$1,208.65	C\$423.03	C\$1,631.68	197	C\$322,155.69

Tabla 4-13 / Costo total equivalente.

Diámetro (pulg)	Costo anual de energía	Costo anual Total Directo	Costo Total anual
2"	C\$884,568.24	C\$4,475.24	C\$889,043.48
3"	C\$501,921.51	C\$9,885.37	C\$511,806.88
4"	C\$455,329.59	C\$16,107.78	C\$471,437.37



De la evaluación y análisis de los costos anuales resulta que el diámetro más óptimo y económico es el de 4 pulgadas.

Calculando la velocidad media en la línea de conducción mediante la fórmula de la continuidad.

$$V = \frac{0.0056 \text{ m/seg}}{\pi * (0.05\text{m})^2}$$

$$V = 0.71 \text{ m/s}$$

4.7.2 Calculo de sobrepresión.

Celeridad

Valor del coeficiente k=18 para tubos PVC.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 * \frac{0.10}{0.00275}}}$$

$$a = 373.43 \text{ m/seg}$$

$$G.A = \frac{373.43 \frac{m}{seg} * 0.71 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G.A = 27.03 \text{ m. c. a}$$

4.7.3 Pérdidas en la columna de bombeo.

Será igual a 5% de la longitud en la columna de bombeo

$$H_{fL.C.B} = 5\% * 94.00 \text{ m.}$$

$$H_{fL.C.B} = 4.70 \text{ m.}$$

El diámetro correspondiente para los rangos de caudales entre 100 a 600 gpm será de 6 " la tubería que irá acoplada a la bomba.

4.7.4 Pérdidas por fricción.

$$H_f = 10.675 * \left(\frac{0.0056}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{1184.63}{0.100^{4.87}} \right)$$

$$H_f = 5.91 \text{ mts}$$

4.7.5 Pérdidas locales en la línea de conducción.

-Válvula de compuerta

Válvula de compuerta (totalmente abierta) 0.2 k

$$h_l = 0.2 * \frac{(0.71 \text{ m/seg})^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} = 0.005 \text{ m}$$

-Válvula de retención.

Válvula de retención (totalmente abierta) 2.5 k

$$h_l = 2.5 * \frac{(0.71 \text{ m/seg})^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} = 0.06 \text{ m}$$

4.7.6 Calculando H.B.

$$HB = 94.00 \text{ m} + 57.02 \text{ m} + 10 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$HB = 167.448 \text{ m.}$$

$$C.T.D = 167.448 + 0.06 + 0.005 + 5.91 + 4.7$$

$$C.T.D = 178.123 \text{ m}$$

4.7.7 Potencia de la bomba.

$$PB = \frac{88.73 \text{ gpm} * 584.40 \text{ ft}}{3960}$$

$$PB = 13.09 \text{ HP}$$

La potencia final de la bomba será de 15 hp como potencia inmediata superior.

Trabajar a una misma revolución que permita mantener la consistencia en el bombeo del flujo; pero adaptando los términos de seguridad de la normativa se sugiere que la bomba este dada por el factor de 1.15 veces la potencia de la bomba que garantiza cubrir las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

El cálculo de la potencia del motor será mediante el factor de 1.15 de HP bomba.

$$P_{motor} = 13.09 \text{ HP} * 1.15$$

$$P_{motor} = 15.05 \text{ HP},$$

El valor más aproximado al resultado obtenido es de 15 hp y de conformidad a los motores sumergibles que ofrecen las casas comerciales.

Como referencia el modelo utilizado en la evaluación y propuesta del equipo de bombeo se utilizó el modelo STS 6", Rendimiento Hidráulico de 100 a 200 gpm, distribuido por la industria **Franklin Electric**.

4.7.8 Sarta de bombeo.

La sarta de bombeo estará gobernada por un diámetro de 4" y que estará compuesta por:

1. 1 Válvula de retención o chek 4"
2. 1 Válvula de compuerta 4"
3. 1 Manómetro para medir presión del agua.
4. 1 Medidor de agua con su llave de chorro.
5. Tubería de derivación de descarga 4", para pruebas de bombeo.
6. Válvula de limpieza con llave de chorro de ½".

4.8 Descripción general de los componentes del sistema de agua propuesto.

4.8.1 Configuración del sistema.

El sistema será del tipo fuente-tanque-red, es decir que se bombeará el agua desde la fuente de abastecimiento hacia el tanque principal del sistema (a construir), luego mantendrá su llenado para abastecer a los dos tanques a reutilizar y que complementan el almacenamiento para la demanda diaria total del barrio.

4.8.2 Obras de captación.

En la prueba de bombeo (llenado del tanque de almacenamiento) realizada en el pozo construido actualmente en la zona media (Mujer y comunidad), se logró establecer que el pozo tiene un caudal de 54.29 galones por minuto, lo cual sugiere

que un pozo perforado en las zonas bajas hacia el Oeste del área de estudio podría alcanzar caudales entre los 70 y 100 gpm.

El agua subterránea drena naturalmente suave y está en estrecha correlación con el desnivel del terreno irregular que presenta la cabecera municipal de San Francisco Libre, en dirección Noreste –Suroeste con descarga hacia el lago Xolotlán.

Según el reconocimiento hidrogeológico solo hay una dirección de flujos preferenciales, que ocurre desde el Norte, en el entorno de las colinas, hasta descargar al lago. Este flujo es más lento y corre aguas abajo hacia el Lago, debido a la descarga del acuífero.

Asimismo, la profundidad del agua, para el sector de la cabecera municipal varía de 3.5 a 39.6 metros (pozo de Mujer y comunidad, contigo al tanque en la zona media), y está en correspondencia con el acuífero somero Las Sierras.

Para obtener un alto rendimiento hidráulico (80 – 100 gpm) con el cual se satisfaga la demanda de agua potable para todos los habitantes del casco urbano del municipio, el pozo a perforar podría quedar localizado en cualquiera de los siguientes puntos: Perfiles A, C y D, bajo los SEV 1 y 2.

Tabla 4-14/ SEV (Estudio geofísico para prospección de agua subterránea)

Perfil	SEV No.	Profundidad		Coordenadas UTM / WGS 84	
		Mínima	Máxima	X	Y
A	1	50	100	1383500	576250
	2	50	100	1383500	576500
C	1	50	100	1383250	576250
	2	50	100	1383250	576500
D	1	50	100	1383000	576250
	2	50	100	1383000	576500

Ilustración 4-7 / Mapa de ubicación de los Perfiles SEV respecto a la red urbanística.



(fuente: Estudio de prospección de agua).

La captación del agua se hará mediante la perforación de un pozo por rotación de 12" y ademado con 8" de tubería ranurada desde el nivel estático hasta el nivel de bombeo, comprenderá un lecho de grava de ½" clase A, sello sanitario con cemento portland de uso general a una profundidad de 8 metros a partir del nivel del terreno natural del pozo, tubería ranurada en 2 mm de espesor, y extraída a través de una bomba sumergible de eje vertical de 15 hp en 6". La ubicación del pozo será bajo las coordenadas X= 576500 y Y= 1383000.00 a 49.89 msnm en la propiedad del señor Rosario Ordoñez.

4.8.3 Línea de conducción y/o descarga.

El agua será bombeada y conducida hacia el tanque principal de almacenamiento por medio de una línea de conducción de 1013.90 m de longitud, de tubería PVC diámetro 4 pulgadas SDR 26.

Ilustración 4-8 / perfil de la línea de conducción (estación de bombeo-tanque)

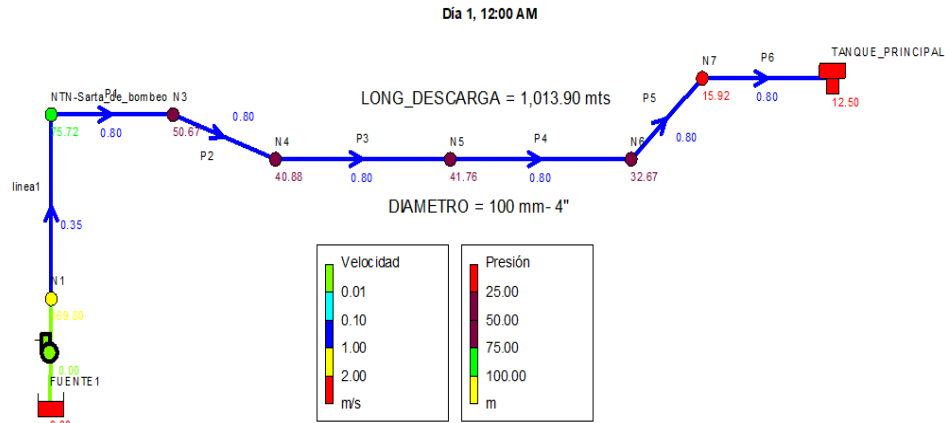
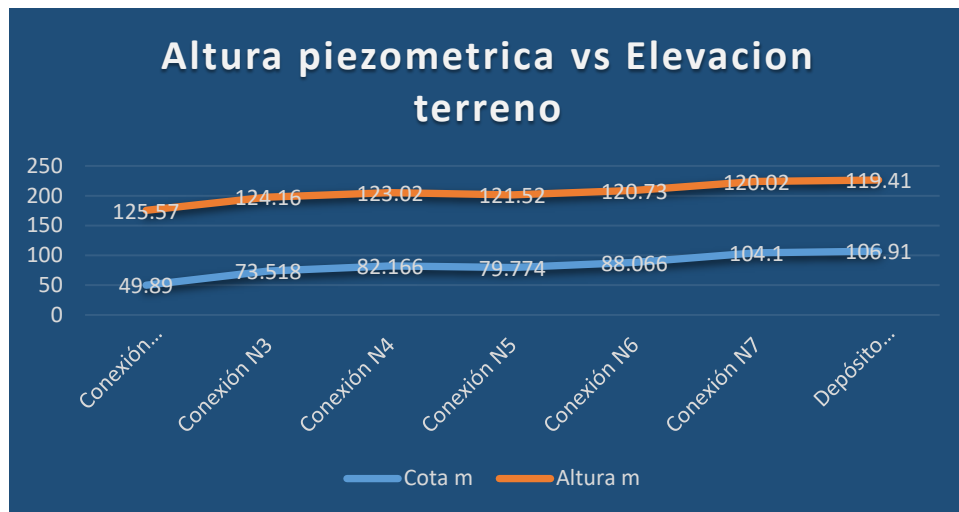


Ilustración 4-8-a / comportamiento gradiente hidráulico y/o altura piezométrica (estación de bombeo-tanque)



4.8.4 Almacenamiento de agua.

Este componente comprenderá el uso de tres tanques de almacenamiento dentro de los cuales se tendrán dos a reutilizar uno puesto sobre el suelo perteneciente al sistema del pozo #2 y uno elevado en torre de 6 m del pozo #1 Lomas del sol.

- ✓ Tanque metálico existente sobre suelo con capacidad de 20,000 galones: requerirá de una limpieza total tratamiento con método de sand blasting, lavado y aplicación de pintura epóxica a base de agua.
- ✓ Tanque metálico existente sobre torre de 6 m de altura con capacidad de 10,000 gal será rehabilitado para dotar el sector correspondiente de acuerdo

a los planos de red de distribución. Igualmente, que al tanque anterior requerirá el mismo tratamiento. También se reforzará las uniones soldadas de los elementos estructurales de la torre para garantizar su seguridad y confiabilidad. Deberán de aplicar remates de soldadura a penetración E 7018 ¼ preferiblemente marca Lincoln, pulido y desprendimiento del óxido y finalmente aplicar pintura anticorrosiva a dos manos.

- ✓ Se construirá un tanque metálico sobre una torre de 10 m altura con capacidad de almacenamiento de 60,191 gal.

4.8.5 Red de distribución.

La red de distribución del sistema de agua estará constituida por lo descrito en este capítulo sección 4.5 Red de distribución.

4.9 Costo y presupuesto de la obra.

Cada uno de los elementos que componen el sistema está calculados para el último año del periodo de diseño. Por lo tanto, en el orden constructivo primeramente deberán considerarse las obras de acuerdo a la demanda inmediata.

Tabla 4-15 / Costo directo y presupuesto de la obra.

Item	Componente	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Red de distribución	glb	1	C\$ 2,375,093.43	C\$ 2,375,093.43
2	Torre y tanques de Almacenamiento	glb	1	C\$ 5,929,323.02	C\$ 5,929,323.02
3	Línea de conducción	glb	1	C\$ 353,697.03	C\$ 353,697.03
4	Equipo de bombeo (pozo, sarta y equipos)	glb	1	C\$ 2,018,784.17	C\$ 2,018,784.17
5	Caseta de controles	glb	1	C\$ 177,618.97	C\$ 177,618.97
Costo total directo de la obra				C\$ 10,854,516.62	

4.10 Conclusiones y Recomendaciones.

4.10.1 Conclusiones

Conforme a los objetivos planteados del presente estudio se puede decir que han sido desarrollados de acuerdo a:

1. A partir del levantamiento topográfico realizado se pudo obtener la información necesaria para identificar y valorar las condiciones propias y características del territorio. Así mismo haber analizado la situación actual de los sistemas contra la demanda de acuerdo a la ubicación de cada uno de los elementos que los compone.
2. Los datos poblacionales fueron obtenidos como referencia de fuentes de información como el MINSA (área de ETV), gabinete de la familia por sector, alcaldía municipal, estudios de población del INIDE, estudio socioeconómico del Municipio de San Francisco Libre. consolidando como población base como parámetro inicial de 2315 habitantes, distribuidos en 463 viviendas con una densidad habitacional de 5 personas por casa.
3. Del levantamiento de campo se pudo determinar las condiciones de los sistemas de abastecimiento detectándose que el mayor problema presentado es el de los potenciales hidráulicos de las fuentes y la edad de los sistemas, la sectorización obligada mediante válvulas para dotar el servicio a la población, el mal estado y falta de tratamiento de los tanques de almacenamiento, a excepción del sistema de la colonia 26 de septiembre que es el más reciente. La condición de la red de distribución total tiene más de 15 años.
4. De los cálculos y resultados, se propone un sistema de abastecimiento el que comprende, rehabilitación de 2 tanques de almacenamiento que complementaran el almacenamiento para la demanda final del tanque principal a construir, la apertura de un pozo de abastecimiento, instalación de 12,007.77 metros de tubería y accesorios de acuerdo a los datos mostrados en la tabla de presupuesto de red de distribución.

5. El costo total de las obras para el mejoramiento del sistema y ampliación del mismo, es de C\$ 10, 986,356.86 (diez millones novecientos ochenta y seis mil trescientos cincuenta y seis córdobas con 86/100), orientado directamente a la construcción de nuevas redes de distribución y conducción, tanque de almacenamiento y rehabilitación de los existentes, así como la caseta de control, perforación de pozo y equipo de bombeo.

4.10.2 Recomendaciones

1. Crear campañas de sensibilización referidas al uso racional del agua y sanidad básica familiar.
2. Implementar el uso del medidor y construir una base de datos que permita controlar y regular la cantidad de usuarios del servicio.
3. Establecer una sola administración sea municipal, ente privado o bien por la empresa nacional de acueductos y alcantarillado “ENACAL”, regido bajo las leyes y reglamentos vigentes emitidos por INAA.
4. Una vez que se realice la perforación del pozo que abastecerá a la población, se debe realizar pruebas de bombeo que permita confirmar el potencial hidráulica y pruebas de calidad a fin de cumplir los requerimientos mínimos establecidos en la norma Regional CAPRE.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN BARRIO LOMAS
DEL SOL, MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE"**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Cristhian Alexander Moncada Bellorín

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

TUTOR

Ing. José Ángel Baltodano

Managua, Nicaragua, Diciembre del 2017